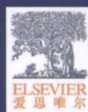


国际信息工程先进技术译丛

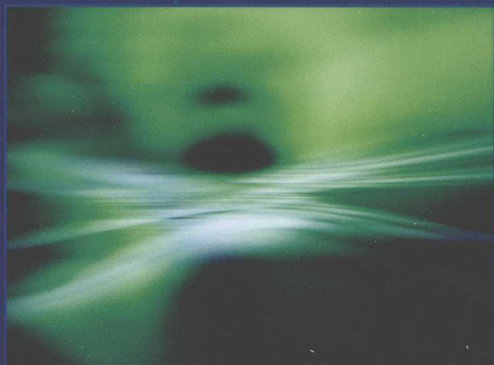


闭路电视（原书第3版）

Closed Circuit Television Third Edition

（美）Joe Cieszynski 著

马俊婷 刘三江 李 虹 王玲芳 等译





机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国际信息工程先进技术译丛

闭　路　电　视

（原书第3版）

（美）Joe Cieszynski　著
马俊婷　刘三江　李　虹　王玲芳　等译



机械工业出版社

本书透彻地讲解了闭路电视（CCTV）系统设计、规范、安装和维护中涉及的所有内容，是一本不可多得的技术指南。本书围绕 PAL 和 NTSC 系统讲述 CCTV 系统，涵盖 CCTV 系统的核心设备及相关专题，此外，还有平板屏幕设备、数字录制以及关于联网原理的内容。

本书适合 CCTV 系统的实践人员、管理人员以及参加职业培训和业界培训课程的学生使用。同时也可供关注视频信号处理和传输的工程技术人员参考使用。

ISBN：978-0-7506-8162-9

This third edition of Closed Circuit Television by Joe Cieszynski is published by arrangement with ELSEVIER LTD, The Boulevard, Langord Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1GB

本书版权登记号：图字 01-2007-3756 号。

图书在版编目（CIP）数据

闭路电视（原书第 3 版）/（美）切申斯基（Cieszynski, J.）著；马俊婷等译. —北京：机械工业出版社，2009.11

（国际信息工程先进技术译丛）

ISBN 978-7-111-28314-0

Ⅰ. 闭… Ⅱ. ①切…②马… Ⅲ. 闭路电视 Ⅳ. TN949.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 164925 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号　邮政编码 100037）

策划编辑：张俊红　责任编辑：王　欢

版式设计：霍永明　责任校对：申春香

封面设计：马精明　责任印制：李　妍

北京振兴源印务有限公司印刷

2010 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm · 18.5 印张 · 360 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-28314-0

定价：78.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

社服务中心：（010）88361066

销 售 一 部：（010）68326294

销 售 二 部：（010）88379649

读者服务部：（010）68993821

网络服务

门户网：http：//www.cmpbook.com

教材网：http：//www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

译 者 序

现在，闭路电视（CCTV）已成为重要的公共安全设施，对于保障人们的财产、生命安全和社会稳定起到重要的作用。最初，闭路电视技术是伴随广播电视技术的发展而发展起来的。在20世纪90年代，随着计算机技术、通信技术以及图像压缩处理技术的发展，闭路电视技术不再仅仅依赖于传统的广播电视技术，并且引入了崭新的视频图像处理、传输和存储技术，取得了长足的发展。

目前，闭路电视监控仍然是公共安全领域的朝阳产业，新技术的进展带来了更清晰的图像、数字记录和更高速的数据传输，但有效的安全系统依然依赖于工程师的合适规范和安装技能，这就要求他们深入掌握CCTV原理和技术的知识。

本书到目前为止共出了三版，出版时间和再版时间如下：2001年第1版，2002年重印；2004年第2版，2004年、2005年重印；2007年第3版。由此可看出本书的热销程度。

本书第3版透彻地讲解了CCTV系统设计、规范、安装和维护中涉及的各种内容，是一本不可多得的技术指南。本书围绕PAL和NTSC系统讲述CCTV系统，涵盖CCTV系统的核心设备及相关专题。另外，第3版增加了平板屏幕设备、数字录制以及关于联网原理的新章节。

本书由李虹主要翻译了第1~5章，马俊婷主要翻译了第6~8章，刘三江主要翻译了第9~13章，并由王玲芳最后统稿，单明辉、王弟英、吴璟、潘东升、王铮、刘磊、稽智辉、吴秋义、段世惠、宋磊、徐帆、高强、朱昊等参与本书部分内容的翻译工作。本书是译者利用工作之后的业余时间翻译的，在翻译过程中，得到了家人们的理解和大力支持，在此表示由衷的谢意。

需要指出的是，本书的内容仅代表作者个人的观点和见解，并不代表译者及其所在单位的观点。另外，由于翻译时间比较仓促，疏漏错误之处在所难免，敬请读者原谅和指正。

译 者

2009年10月于北京

原书前言

在本书第1版的前言中，我写到闭路电视（CCTV）是一个增长的产业，闭路电视产业的增长正是新技术影响的结果。当我为《闭路电视》这本书的第3版写前言时，闭路电视产业还在继续增长，这不仅是技术发展的结果，而且源于今天西方社会盛行的高风险意识，这使技术发展不断带来更清晰的图像、更智能的系统和成本更低的设备。而且还有从小型的、廉价的系统到高度复杂的覆盖数平方英里的（巨型）系统的各种需求。

但像任何高技术设备一样，这些系统仅在正确地遵守规范、安装、调试和维护的情况下，才能正常地运行。这样，人们期望现代CCTV工程师除了具有CCTV原理和技术的深入知识外，在如下方面是多才多艺：电器和电子原理、最新的数字和微处理器原理、电气设备实际操作、健康和安全规范以及电信和网络技术。

当然，没有哪一本教材可以如此包罗万象，所以本书的目的是集中讲解CCTV原理和技术，以便为CCTV实践人员提供所要求的基础知识。像本书的前两个版本一样，本书第3版将证明其对于如下两类人员的价值：正在学习安全和紧急报警系统的城市和社区知识（课程1852）[⊖]的人员；正在努力学习，将CCTV安装和维护的NVQ等级Ⅱ或等级Ⅲ作为目标的人员。另一方面，本书真正面向的是投身于视频信号处理和传输的人员，不仅包括产业中的工程技术人员和希望进一步拓展技术知识和理解深度的人员，也包括将闭路电视用于其他应用的人员，例如监测、医疗、电影生产（影院放映）等。

除了将第2版的内容进行更新外，第3版中包括了更多的新内容，如最新的（本书第3版撰稿时）视频压缩技术、平板显示技术和结构（CAT 5/6）电缆原理。另外，本书还包括了全新的章节，这是为了帮助工程师掌握现代网络原理，并因此对如何确定、安装和排错网络CCTV系统具有更深入的理解。

希望培训人员和工程师等发现这本教材对于他们个人发展的帮助，这是我永远的期望和期盼。

Joe Cieszynski

⊖ 课程1852是英国CCTV相关认证考试的一门课程。

致　谢

没有产业界人士的帮助和支持，完成这样的一本专著是不可能的。自从撰写《闭路电视》的第 1 版以来，我得到了许多人的协助，其中多是相应领域的专家。下面列出贡献了他们的技术专业知识和时间的人们，在此我深表感激。

数据柔性公司（Data Compliance，Ltd）的 Andrew Holmes，我和他在许多场合一起工作过，他经常为我提供信息。我同样感谢索尼公司的 Simon Nash，以及 Martin Kane，他们在许多场合为我提供信息、帮助和指导。

对 ACT 测量仪表公司（ACT Meters）的 David Grant 和 NG 系统公司（NG Systems）的 Gar Ning，同样说声谢谢。虽然在这第 3 版的撰写过程中没有请求他们的帮助服务，但他们在前两版所作贡献仍然存在。

我也要感谢尽最大能力提供用于本书中的图片和信息的各位制造商。这样的支持是在我请求帮助，以便增加知识水平和理解产业界中的工程师（面临的问题）的情况下无私提供的。对这些厂商们的各自贡献我一直心存感激。

感谢 David Close，感谢他在制作本书一些图片工作中的卓越工作，这些图片是用来说明视频压缩的；感谢曼彻斯特大学的 Tim Morris，感谢他将他关于视频压缩的研究内容放入本书中。

我更要感谢在 PAC 国际有限公司的同事们，感谢他们的支持。特别地，感谢 Graeme Ashcroft，感谢他校对了本书的许多内容；感谢 Graham Morris 和 Steve Pilling，感谢他们花费了许多时间校对了网络理论，提供了非常令人感激的反馈和建议。

一直以来，我都非常感谢我的朋友 Ian Fowler，感谢他的贡献，在这本书的三个版本中都有他的心血。同样，他付出自己的时间与我讨论理论和技术的方方面面，并牺牲许多时间进行校对。

最后，再次感谢 David、Hannah、John 和 Ruth，我的四个（长大成人的）孩子，感谢在这一版本的撰写过程中他们的耐心和支持。感谢 Linda，我了不起的妻子，感谢她一如既往的支持。

目　　录

第1章 CCTV产业

“闭路电视（CCTV）”是指，自包含的电视系统，其中信号仅能由系统内部的设备所接收。这与“广播电视”相反，广播电视的信号能够被任何拥有合适接收设备的人接收。

电视的最初研究开发工作始于20世纪30年代，当时在欧洲和美国进行了许多次测试传输。在英国，当时就有伦敦的亚力山德拉皇宫的发送器。第二次世界大战的爆发突然终止了大部分的电视研发工作。但是从被占领的巴黎继续发送传输信号。当时使用的是运行于埃菲尔塔的一个试验性系统。纳粹宣传组织对这种新的媒体形式非常关注。

具有讽刺意味的是，就技术开发而言，战争给予了电视技术有力推动（人力方面）。因为当时在英国知道一点无线电传输和信号知识的几乎每位科学家都被强迫进入到雷达和无线电的快速研发项目之中。战争之后，其中许多人发现他们要面对来自相应公司的巨大需求。这些公司急切地要重新进行电视的研发。

早期电视的黑白图像分辨率低，但是，这种媒体的成功意味着未来将有资金用来开发新的和更好的设备，以及对新想法进行试验。同时，使用摄像机和监视器作为一个区域监控手段的思想开始萌芽，但是由于设备的成本高，这些早期的CCTV系统限制在专业化的活动，限制在具有资金能投资到这种安全（设施）的机构之内。这些系统使用（范围）有限，原因是操作员必须一直注视着屏幕。在20世纪50年代还没有记录视频图像的方法，联动报警的运动检测技术只能在007电影中才有（直到20世纪60年代他才出现在银幕上！）。

整个20世纪60年代和70年代，CCTV技术缓慢地前进。它只能跟随着广播产业的脚步，因为广播产业才具有投资新研究开发的资金。记录视频图像的主要障碍在于摄像机技术，该项技术完全依赖于真空电子管作为摄像设备。真空电子管体积巨大，要高电压供电，在低光条件下一般来说真空电子管基本处于无用状态（虽然人们开发出特定类型，但要付出高额成本），且价格是昂贵的。而且，早期的彩色摄像机要求三个这样的电子管。由于这个原因，许多年中，CCTV整体而言仍然是低分辨率、黑白单色系统，即使这样此系统也非常昂贵。

到20世纪80年代，摄像机技术得以改进，彩色摄像机的价格降低到较小型商务公司和机构能够承受的水平。并已经出现了VHS，这对CCTV产业就有重大影响。因为它使得在成本低于1 000英镑的设备上记录视频图像，首次成为可能。在此之前的许多年间，CCTV是记录在黑白单色磁带卷盘机上的，这些设备

是昂贵的，并且完全不是用户友好的。

20 世纪 80 年代以来，电视技术取得巨大突破。新技术的研究开发，例如 CMOS 微型芯片和电荷耦合器件（CCD）芯片，带来设备能力方面的增长，并极大地改善了图像质量，而同时设备价格也在急剧下降，如松下和索尼这样的制造商开发研究出的数字视频记录机器。虽然这些设备主要针对广播产业应用（基本型设备的价格为 50 000 美元，CCTV 产业并不急于为每项现场安装都装备一台），但这为较低分辨率的 CCTV 和家用视频产品中的数字视频信号处理铺平了道路。

许多年间，CCTV 不得不依靠它的“老大哥”——广播产业，来开发新的技术，之后等待这些技术降价，降价到顾客能够支付得起的水平（他们支付不起每台摄像机 30 000 英镑和每台监视器 1 000 英镑的价格）。但是，我们当前看到的技术爆炸正在改变这种状况。PC 技术正在快速地改变着人们观看和录制视频与声音的传统思路，许多这样的硬件现在并不昂贵。同样，虽然在早些年 CCTV 产业极大地依赖于传统广播和家庭电视设备制造商来设计设备，但现在已经存在大量专门从事 CCTV 设备开发和生产的著名制造商。这些制造商正在从其他电子（电器）产业吸取概念获取硬件，并将之集成来开发 CCTV 设备。这些设备不仅产生高质量图像，而且多功能、易于系统扩展、用户友好并能够在这个行星（地球）上的任何地方进行控制。并且，即使如此也不损失一点它本身最有价值的优势——这就是，它是一个闭路电视系统。

1.1 CCTV 的角色

通常 CCTV 被看作安全的工具。一定程度上，它当然是安全工具。但是，在监视和控制领域它扮演同等重要的角色。例如，高速公路摄像系统对于监视交通流量是非常宝贵的。它使警察、机动车管理机构和当地电台可以经常提示司机相关问题，并由此控制交通情况。同样在一次警事中，控制室操作员能够指导分布他们的警力资源，协助警察的活动。这种多样性用途可应用到城镇中心 CCTV 系统。

对于涉及安全、群体控制、流量控制等任何方面的管理机构而言，CCTV 都是一个非常宝贵的工具。但另一方面，公共场所日渐增多的摄像机正在引起人们警觉，使他们想到 George Orwell 的书《1984》。确实，在坏人手中，或在书中所描述的某种警局状态的情况下，CCTV 可用于各种破坏性活动。事实上，最新的技术已经超出 Orwell 先生的预测。人们已经开发出了面部识别系统，当某人出现于一个摄像机视图中时，面部识别系统就产生报警。这和自动跟踪系统检测到这个人时所做动作是一样的。一些公司可能正在开发其他设备，这些设备能够利

用一个人的特征参数看穿他的伪装。这些参数如头骨形状（尺寸）和显著特征的相对位置（鼻子、耳朵等），或一个人走路的方式。在本书撰写之时，所有这样的系统仍处于某种程度的试验之中，从各方面而言都还不完善。但以当前技术的发展速度而言，这样的设备作为标准系统安装于城镇中心、百货店、夜总会以及当地政府希望早期识别“不期望的事件（行为）”的任何其他地方，仅有不多几年的时间。

为了帮助控制 CCTV 在英国的使用范围，1998 年对数据保护法案（DPA）的修改意味着现在有效司法证据包括从 CCTV 系统（录制）得到的图像。与之前 1984 年法案不同，这项法案（1998 年）对于 CCTV 系统的拥有者隐含比较严肃的意义，因为这使他们对复杂系统的管理、运行和控制合法化。也许更重要的是，他们需要保护由他们的系统记录的材料或产生的“数据”。1998 年数据保护法案要求所有非室内的 CCTV 系统必须向信息专员（Information Commissioner）进行注册。在有 CCTV 覆盖的区域，必须树立明确的标志，警告人们正在被监视和/或录像。这个标志必须声明系统的“数据控制者”名称，并具有联系的详细信息。当注册一个系统时，数据控制者必须声明它的特定用途，以及数据材料将被保留的时间长度。被记录的材料必须以安全的方式进行存储，且一定不要传到公众领域，除非这个材料注定在公众关注之下或在犯罪调查的关注之下（即在由警察使用的程序上放映图像）。

在 2004 年信息专员公署发布了针对一桩法庭诉讼案例的修改文档，其中“与个体相关的信息”的定义受到质疑。虽然这个案例没有直接涉及 CCTV“信息”，但对于英国较小型的 CCTV 系统却存在弦外之音。该文档建议，DPA 不涵盖一些较小的 CCTV 系统，原因是在这些系统的记录中包含的信息不能被看作是与个体相关的。由定义，如果摄像机是固定的（即没有 PTZ 能力），并不用来监视雇员以观察他们的行为，且记录的信息仅可传递到一个法律执行的专业实体，例如警察机关，那么这个系统就不必在 DPA 之下注册。

1998 年 10 月 2 日，人权法案在英国生效。其中对隐私权（在其他事宜间）的强调对于由“公众权威机构”（由法案定义的）使用的 CCTV 具有强烈的隐含意义。系统设计人员和安装人员应该注意这些隐含意义。对于将目标定向到私有住宅或楼房（即使那不是它们的真实目的）的摄像机，将被认为触犯了居住在那里的人们的权利。如此，那些人们可采取法律行为，使这些摄像机失去作用或依法拆除——对于要确定摄像机系统位置的（摄像机）拥有者（或许是安装公司）而言，将要付出高昂代价。

与 CCTV 相关的是，数据保护和人权法案的意图是确保 CCTV 本身被正确地管理、监视和控制，由此防止未来它本身成为一项法律问题。

围绕 CCTV 的使用和滥用的争论无疑将会继续。但是，事实有力地证明了，

CCTV 已经对生活于其眼睛之下的人们，产生了巨大的、正面的影响。这已经被无数次地证明，在 CCTV 运行的场所，人们和他们的财产更加安全了；在拥挤的公共场所，人们更加安全了，因为能够很好地监控人群；财产和经营场所更安全了，因为它们全天 24h 接受监控。

1.2 CCTV 产业概况

不管我们是否提过 CCTV 除安保领域之外的用途，但人们从来没有真正忘记其应用于安保领域的潜力。因为不管它的目的用途是什么，如果警察机构或任何其他公共安全机构觉得重要的证据可能被视频记录系统所记录，他们就会检查那些记录材料。这会涉及社会大众的各方面，比如一名公众无意中使用一台摄录机或移动电话上的视频录像头，恰巧抓拍到一项事故或与事故相关的某些事物。这样，也许就不会奇怪，监控安全行业的人们和机构会将 CCTV 产业作为行业的部分来规范和监控。

英国安全产业联盟（British Security Industry Association，BSIA）是英国惟一关于安全产业的贸易联盟，它要求成员执行独立的检验来确保满足相关标准。BSIA 的主要任务是为了保证顾客的利益，在整个产业提倡并鼓励高标准的产品和服务。这包括与其成员们一起制定实践规范，一般而言这会成为完全的英国/欧洲标准。BSIA 也就可能为影响产业的立法而游说政府，并积极地与其他相关组织达成联盟，例如信息专员公署（与数据保护法案相关）和英国内政部科学开发部（Home Office Scientific Development Branch，HOSDB）。在为其成员及其顾客们提供技术文献和培训材料方面，BSIA 也提供极富价值的服务。

各检察组织实体承担监察安装公司的角色，确保安装公司遵守实践规范。当然，一家公司必须同意将自已置于检察组织的检察之下。虽然如此，但它就能够公告此事，并使保险公司和警察权威机构直接承认其合法性。

为了获得准许，安装公司必须遵循由其选中的检察组织进行的严格检查。这项检查不仅包括物理安装的质量，而且包括机构的每个部分。典型情况下，检察组织要看到与安装每个阶段相关的文档是如何处理的和存储的，维护和服务记录是如何保存的，材料和设备是如何定购的，等等。除此之外，检察组织将希望看到证据证明该公司具有足够的人员、车辆和设备来满足维修要求和故障响应时间。

在一些情况下，获得安装准许的公司在两年之内，应获得 BS EN ISO 9002 质量保证（QA）资格鉴定。在本书撰写时，对于取得获准的安装公司工作的工程师是否应持有安全和应急系统工程的国家职业资格（National Vocational Quali-

fication，NVQ），还没有作具体要求；但是，未来可能会提出此类要求。

另一个重要组织是安全技能处（Skills for Security），它是安全商务部的标准制定组织。安全技能处集成了以前由 SITO（Security Industry Training Organizations，安全产业培训组织）执行的许多功能，并采用了类似于行业技能委员会（Sector Skills Councils）的更广泛的审议事项。在英国，SITO 曾负责为安全产业开发培训标准。在整个 20 世纪 90 年代，为提高此类标准该组织作出了许多贡献。他们为电子安全系统开发了 NVQ Ⅱ 和 NVQ Ⅲ，还有覆盖整个安全产业的许多其他成绩。安全技能处在 2005 年 1 月成立，并与产业界密切合作，分析培训需求（现在的和未来的），并开发满足这些需求的课程和资格（证书）。

（证书）评估组织，如伦敦城市行业协会（City & Guilds），还有 Edexcel（英国爱德里思学历及职业资格考试委员会），在安全产业中扮演了一个重要角色。因为正是他们为工作于该产业的人员设计了培训和教育的课程教学大纲和评估标准。英国 CCTV 工程师资格证书属于安全和应急报警系统 City & Guilds NVQ Ⅱ 或 Ⅲ。City & Guilds 也为与安全和应急系统工程相关的 4 门学科提供基础材料知识测试试卷（课程 1852）。这 4 门学科是 CCTV、入侵者报警、进入控制和火警系统。这些评判的目的是为构成 NVQ Ⅲ 认证的基础知识测试。即使考试者可能选择进行这些测试，并不想获得 NVQ。但是，必须强调的是，通过课程 1852 并不等于获得 NVQ。仅持有课程 1852 证书的人不会注定是合格的人员，除非他们能证明自己在安全系统工程方面已具备实践能力。

评估组织会指定外部验证员，他们负责检查 NVQ 评估中心（不管是学院，培训组织或安装公司）都正在执行符合公认标准的评估准则。

英国内政部科学开发分部（以前是英国警察科学开发分部，Police Scientific Development Branch，PSDB）在 CCTV 技术中扮演了一个最重要的角色。许多年来，就图像质量、分辨率和图像尺寸而言，当图像出现在监视器屏幕上时，CCTV 业界没有测量其系统性能的准确方法。这意味着，在缺乏工作时的基准指标的情况下，每个检察组织或安装人员将简单地按照他们认为最合适的方式做事（即判定系统是否符合要求）。这种情形不仅使该产业令人不满。而且对于潜在的顾客，他们没有任何方式知道能够从这样的系统期望得到什么；且一旦系统安装完毕，如果他们不满意（高兴），也不能做任何真正的改进，因为对于他们而言，他们没有对系统性能进行测量的手段。

PSDB 开始设计能定义和测量这些参数（例如图片分辨率和图像尺寸）的实际方法，例如，在 1989 年引入了 Rotakin 方法，用来测试显示图像的分辨率和尺寸（见本书第 13 章）。他们也开发一套方法，在设计 CCTV 系统之前，分析和记录客户需求。它就是运行需求（Operational Requirement，OR）。HOSDB 继续这

项工作，提供了最新 CCTV 技术相关问题的许多实践指南，例如针对记录视频图像打上水印，归档检索的各种方法，数字图像分辨率的测量，等等。

CCTV 是一个朝阳产业。不须怀疑，它已经证明了自身有效性。并且人们可以相对低的价格购买质量高、种类多的设备，这已经产生对各种规模（型号）系统的巨大需求。在该产业内，更需要满足如下条件的工程师，他们能够真正理解他们正在处理的技术；他们掌握 CCTV 和电子原理这两方面的基础知识；当新技术出现时，这使他们能够学习并理解新技术。

第2章 信号传输

CCTV视频信号包含频率从0～10MHz这样较大范围的交流成分。而且，除了交流成分之外，也存在必需的直流成分。如果要维持其准确的亮度等级，则在整个信号传输过程中就必须保留直流成分。当工程师们考虑像传输低压直流或低频供电电压那样传输视频信号时，就会出现问题。当你知道英国国内中波无线电是以1MHz左右频率的传输时，那么明显的是，0～10MHz视频信号实际的行为与无线电信号的行为类似。

在本章，将仔细研究高频信号沿各种类型的线缆传输时的特性，并因此解释传输视频信号要使用特殊线缆的必要性，以及每种传输媒介自身有所限制的原因。

2.1 CCTV信号

以电子手段产生的方波信号实际上是由一个正弦波（称为基本成分）和无数的奇次谐波（基本频率的奇次倍数）构成。这个基本概念如图2-1所示，从图中可以看出，仅添加三次谐波就可改变基本正弦波的形状，将之改变趋向方波。添加五次谐波将具有使边沿较笔直、顶部较平坦的效果。换句话说，就是波形变得更加接近方波。将这个过程推到极致，即添加无穷数量的奇次谐波将产生真正的方波，它具有完美的垂直边沿和完美的平坦顶部。

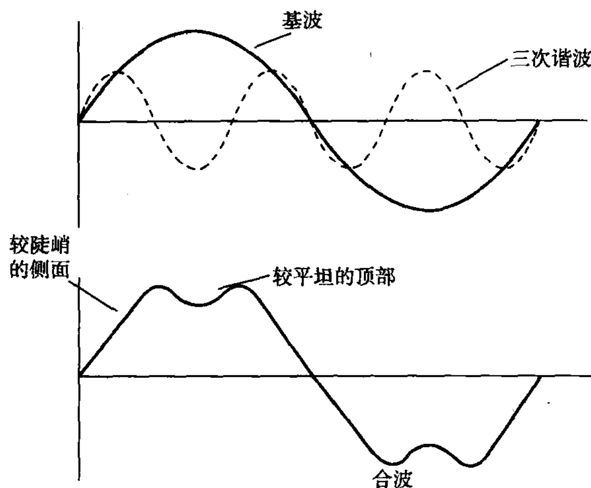


图2-1　向一个正弦波形加入奇次谐波的效果

如果我们对这个过程求逆，即以方波开始，并使用滤波器去除部分谐波成分，那么方波的边角会变圆，且上升时间会变得更长。换句话说，方波开始返回它的正弦基本形。这个效果如图2-2所示。

在第5章，将研究视频信号的组成（见图5-13），也将看到视频信号包含方

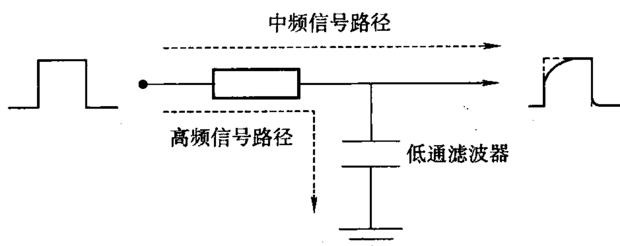


图2-2　去除高频谐波成分，就增加了上升时间，并使边角变圆

波成分。在视频信号波形中，正是尖锐的上升时间和直角边角生成图片的高清边沿和高分辨率区域。如果由于某种原因，信号经滤波，产生谐波损失，则重新产生的图像分辨率较差并可能模糊受损。现在人们可能奇怪视频信号怎么可能被“偶然地”滤波。事实上一直存在这样的滤波作用，原因是所有的线缆都有电阻、电容和电感成分。这是电子过滤器电路构造中最普遍使用的三种元件。当一个信号沿一条长线缆传递时，该信号就会遇到这些R、C、L特性的影响。

线缆对信号的实际影响取决于许多因素，包括线缆的类型和构造、线缆长度、弯曲成形的方式、连接器的类型和质量，以及该信号内部包含的频率（带宽）范围。这意味着，安装CCTV时，重要的是要使用正确的线缆类型，对于给定的线缆类型要使用正确的连接器，以正确规范的方式进行线缆安装，以及在没有合适的方法补偿信号损失时，不要超过最大的布线长度进行布线。

不同类型线缆都可用于CCTV视频信号的传输，人们确实采用了铜缆传输之外的其他电缆。检察组织和安装工程师都需要知道各种传输媒介的性能和局限，以及每种媒介必须采用的安装方法。

2.2　同轴电缆

如前所述，在铜导体中，高频信号的行为与直流或低频（如50Hz/60Hz交流电）或音频不同。为了确保线缆对一定频带的高频信号阻抗恒定，线缆就要采用特殊构造。而且，射频（Radio Frequency，RF）信号具有这样的一种倾向，即将每个铜导体都看作一个潜在的接收天线。这意味着传送一个RF信号的铜导体会从任意的发射源处检取零散的RF，例如，来自如下电动机、荧光，甚至合法的无线电传输发射的无线电。同轴电缆的设计满足了RF信号单独传播的要求，在一定的频率范围上提供较为恒定的阻抗，以及抵抗不良噪声检取作用的一些保护措施。

有许多类型的同轴电缆，展现了各自不同的信号衰减特性、阻抗、屏蔽能力和成本。同轴电缆的构造决定了这种特定类型线缆的特性，其基本物理构造如图2-3所示。

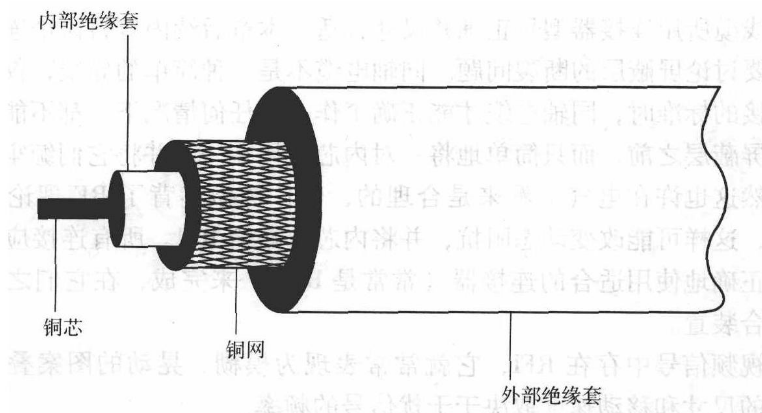


图2-3 同轴电缆构造

信号承载导体是铜芯的，可以是单一铜导体或铜绞线。信号可看作是沿着编织的屏蔽层回传，但是因为屏蔽层连接到系统地，实践中信号可能通过任何的路径回传到发射源。但是，就简单地作为信号回传路径而言，屏蔽层扮演一个更加重要的角色。它提供射频干扰（Radio-Frequency Interference，RFI）保护功能。屏蔽层实现此功能的方式如图2-4所示，其中可看到线缆临近范围的外部RF源的干扰被吸收到铜编织的屏蔽层，从那里通过线缆端点的设备传递到地。考虑到从摄像机到监视器的线缆每一点处都要保持屏蔽的完整性，使得庞杂的RF信号就没有办法进入同轴电缆的内芯或设备中的信号处理电路。对于设备（设备中的信号处理电路）来说，常常是通过金属的设备外壳自身进行屏蔽而实现的。

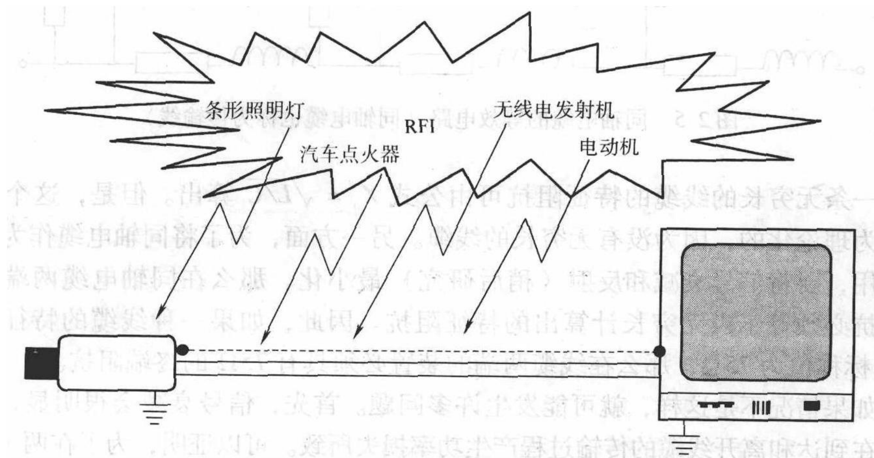


图2-4 铜屏蔽层吸收RFI，防止它进入信号处理电路

维护屏蔽完整性的方法如下：确保线缆上任意点的屏蔽层中没有发生断裂，

确保这种线缆所用连接器型号正确并尺寸合适。本章后续内容将讨论连接器的问题。现在要讨论屏蔽层的断裂问题。同轴电缆不是一种简单的导线，仅当满足于终接和连接的标准时，同轴电缆才能正确工作。在任何情况下，都不能在扭接并缠牢两个屏蔽层之前，而只简单地将一对内芯扭接在一起并将它们缠牢就算连接正确。虽然这也许在电气上看来是合理的，但这样做违背了 RF 理论的所有规则。此外，这样可能改变动态阻抗，并将内芯暴露给 RFI。所有连接应该在每个线缆末端正确地使用适合的连接器（常常是 BNC）来完成，在它们之间还要加入一个耦合装置。

如果视频信号中存在 RFI，它就常常表现为模糊、晃动的图案叠加在原图上。图案的尺寸和移动速度取决于干扰信号的频率。

同轴电缆的内部套筒不只是简单地作为两个导体之间的绝缘体，它有更重要的功能：它作为导体之间的一种电介质，向线缆中引入电容元素。这个线缆电容与固有的直流电阻和线缆电感一起发生作用，形成线缆的特征阻抗（Z_0）。决定其电容量大小的因素之一是两极间使用的电介质（绝缘体）的类型，不同阻抗的同轴电缆是使用不同的内芯材料制造的。这就是为什么不是所有的同轴电缆都适合于 CCTV 应用，为什么为一种类型线缆设计的连接器不适合某些其他类型的同轴电缆。它们的差异取决于电介质的不同，线缆直径是变化的。同轴电缆的等效电路如图 2-5 所示。

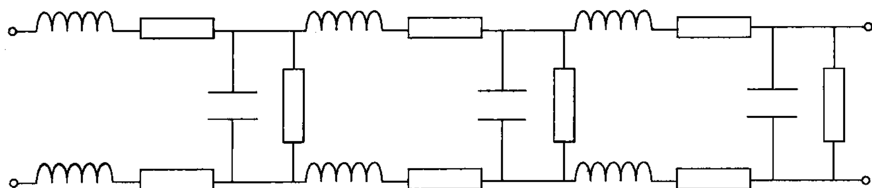


图 2-5　同轴电缆的等效电路（同轴电缆也称为传输线）

一条无穷长的线缆的特征阻抗可由公式 $Z_0 = \sqrt{L/C}$ 算出。但是，这个概念是较为理论化的，因为没有无穷长的线缆。另一方面，为了将同轴电缆作为传输线使用，要将信号衰减和反射（稍后研究）最小化。那么在同轴电缆两端的终端阻抗必须等于以无穷长计算出的特征阻抗。因此，如果一种线缆的特征阻抗 Z_0 的标称值为 75Ω，那么在线缆两端的装置必须具有 75Ω 的终端阻抗。

如果情况不是这样，就可能发生许多问题。首先，信号衰减会很明显，这是由于在到达和离开线缆的传输过程产生功率损失所致。可以证明，为了在两种电路之间实现最大的功率传递，第一个电路的输出阻抗必须等于第二个电路的输入阻抗（见图 2-6）。如果情况不是这样，就会发生一些功率损失。可以将同轴电缆看作一种电子部件，这就是为什么连接到线缆的所有设备都必须具有一个匹配的阻抗。

另一个问题是反射波。在不以其特征阻抗终结的一条线缆中，不是所有沿导线传递的能量都被负载吸收。由于没有被吸收的能量必须传导出去，它就会沿导线传回发射源。这样在线缆中存在两个信号，前向波和反射波。在CCTV中，反射波可能导致重影、图像卷曲和遥测信号衰减。但是，这些症相可能是不持续并随时变化的，使不留心的维修工程师从线缆安装的一端追踪到另一端，检查什么会导致频繁的偏移故障。也许实际上并没有其他原因，仅是因为一名粗心的安装工程师使用透明胶带将吊顶中的线缆连接在一起！

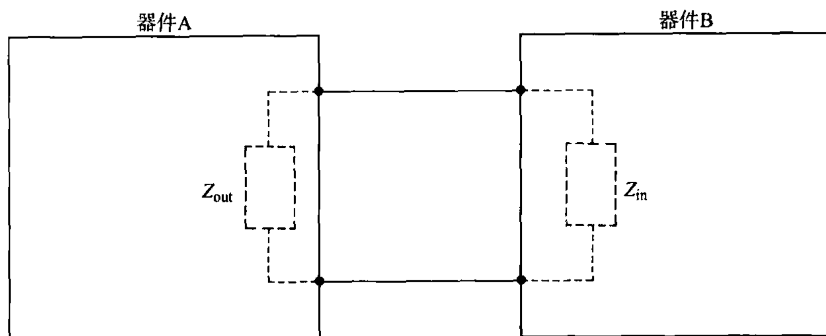


图2-6 仅当器件A中的Z_{out}等于器件B中的Z_{in}时，才发生最大的功率传递（假定连接线缆具有零阻抗）

CCTV设备输入和输出的设计阻抗为75Ω。这意味着必须使用特征阻抗为75Ω的同轴电缆。这里再次提醒一下，安装工程师必须知道不是所有的同轴电缆都具有75Ω阻抗，50Ω和300Ω的线缆也是常见的。例如，RG-59类型线缆是用于CCTV安装中常见的75Ω同轴电缆。RG-58类型线缆看起来非常类似，但它的设计应用不同，其特征阻抗为50Ω。使用这种线缆安装CCTV系统是无法发挥其最优工作能力（如果它确实能够工作的话）的。

CCTV设备中包括终端交换器，为的是确保在任何同轴电缆网络的末端都有75Ω阻抗。在第7章将更详细地讨论这个专题。

上面的内容还没有考虑同轴电缆的长度问题。短距离时，C和R对信号的影响微小，可忽略不计。但随着长度的增加，它们对信号的影响类似于它们会使直流供电沿线缆产生电压降，主要区别是，线缆的滤波作用导致较高频率的信号损失较大。如图2-7所示说明一个典型的同轴电缆频率响应。线缆衰减常常以给定频率下的每100m衰减的dB数加以引用。制造商针对一定频带引入品质因数。但是，其中在5MHz左右的品质数字对于CCTV工程师而言是最重要的，原因可从图2-7看出。视频信号频谱的顶端为5MHz左右，这里是发生最大衰减之处。

在CCTV信号传输中采用的每种线缆都有确定的最大使用长度。超过这个长度的话，则仅在安装额外设备的情况下，才能维持最优的系统性能。在CCTV产业中

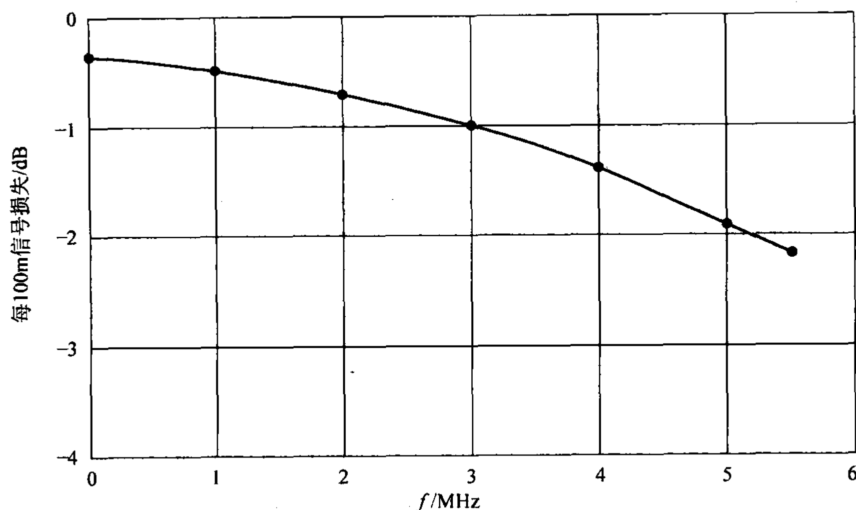


图 2-7 典型同轴电缆中的频率衰减

采用的三种最普遍的同轴电缆的典型参数见表 2-1。最大线缆布线长度所引用参数是 BSIA 标准“CCTV 系统规划、安装和维护实践，文档 109 第 2 期，1991”中制定的参数。当比较不同制造商的数据时，将会指出这些参数的一些变化。但是，安装人员在遵守 BSIA 标准文档中的指南进行操作会做得很好。

表 2-1 在 CCTV 产业中普遍采用的同轴电缆

线缆类型	最大布线长度/m	阻抗/Ω	在 5MHz 处每 100m 衰减/dB
URM-70	250	75	3.31
RG-59	350	75	2.25
RG-11	700	75	1.4

有一条规则，黑白单色信号比彩色信号能更好地适应于长线缆布线。这是因为一个 PAL 彩色信号包含 4.43MHz 的高频彩色子载波，该载波受到线缆滤波作用的影响。但是，甚至包含高频成分的黑白单色信号（回想一下方波上的高频滤波效应（见图 2-2)），也是在超过了线缆布线长度情况下，才会遇到分辨率和信号电平的一些损失。

为了说明信号衰减问题，参考具有图 2-7 所示特性的线缆进行说明。在 3MHz 处，每 100m 的衰减大约是 -1dB。在超过 350m，衰减将在 -3.5dB 的量级上。就电压来说，假定将一个标准 1V（峰峰值）视频信号注入到线缆中，-3.5dB 表示线缆末端的输出电压为 0.7V（峰峰值）左右，信号损失为 0.3V。在 5MHz 处，衰减为 -1.75dB 每 100m 的量级。因此，超过 350m 时，衰减约为 -6dB。因此，能

够观察到，在5MHz处，信号输出将大约为0.5V。现在考虑一下，如果一名安装人员忽略这些数字，安装一条700m长的这种线缆，将会发生什么情况。在3MHz时，输出电压变为0.45V；在5MHz时，输出电压为0.25V。最好的情况下，这样的信号将产生低亮度比的图像。但大多时候会使图像彩色损失，或许由于丢失同步脉冲而使图像滚动。

因为对某一线缆而言，超过最大规定长度的布线有时是不可避免的，所以要安装激励放大器（Launch Amplifier）和/或线缆均衡器。使用这些部件至少可以将线缆的布线长度延长一倍。

激励放大器常常安装在线缆的摄像机端，因为那里有可用的电源。虽然，如果能够找到合适的供电方式，在沿一条长线缆的中部安装发射放大器显得更好。发射放大器典型响应如图2-8所示，从中能够看出在0~5.5MHz视频信号带宽上，放大倍数是不一致的。放大器的设计目的是将较高频率响应给予额外提升（因为这里是较大衰减发生之处）。

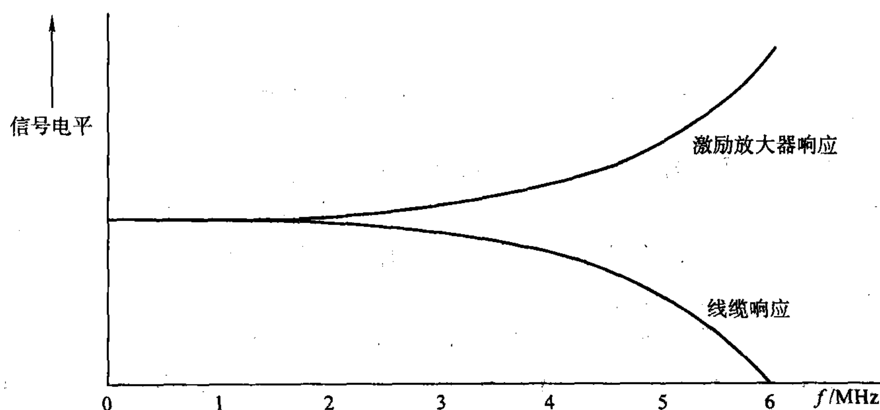


图2-8 激励放大器补偿线缆的过滤器作用

放大器常常具有调整功能，允许设定符合线缆长度的增益。线缆越长，则设定的增益就越高。其思路是设定输出电压电平，使之在衰减之后，另一端出现的信号仍然是相同的1V（峰峰值）信号。在一些情形中，增益控制是以线缆长度为准进行校准的，因此有必要知道布线长度的大概数值。不要简单地调整增益控制，除非在监视器上出现的是“良好的、清晰的图像”。因为盲目调整可能导致与保持垂直稳定性（Vertical Hold Stability）的相关问题，其中还涉及交换器或复用器，并可能导致图像分辨率的衰减。

线缆均衡器也是一种放大器，它是设计用于安装在线缆输出端的（见图2-9）。这种方法的问题是，在衰减发生之后，由器件来处理信号，在提高信号电平之时，它也将提高背景噪声电平（这在没有强信号的情况下会升高）。使用线缆均衡器的

优势是它能够安装在控制室，这在无法接近摄像机的情况下显得更为突出。如果安装人员能够选择使用哪种器件的话，那么激励放大器常常作为首选。这是因为激励放大器在损失发生之前提升信号，由此维护了较好的信噪比。

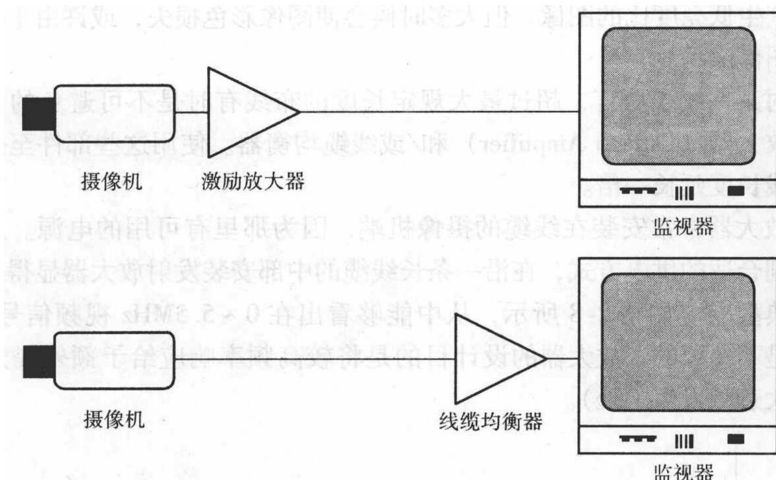


图 2-9 激励放大器和线缆均衡器的使用

在需要使用很长的线缆布线时，可能要采用一个以上的放大器。其思路是，将这些放大器距离均匀地放置在线缆上，恰好当信号开始恶化时，另一个放大器将信号再次提升，如图 2-10 所示。从图中能够看出线缆总衰减是 -33.75dB，这可由系统中的总增益 36dB 加以补偿。

所有这些做法听起来非常好，但这需要具有丰富经验的工程师，并配备正确的设备，才能将所有这些器件的增益和响应调整匹配，即可以在没有增加任何噪声电平的情况下，在另一端能得到一个完美的、均匀的峰峰值为 1V、频率为0 ~ 55 MHz 的视频电平。记住，一旦在信号中引入噪声，它将直接与信号重叠一起在每个后续放大器中被放大。

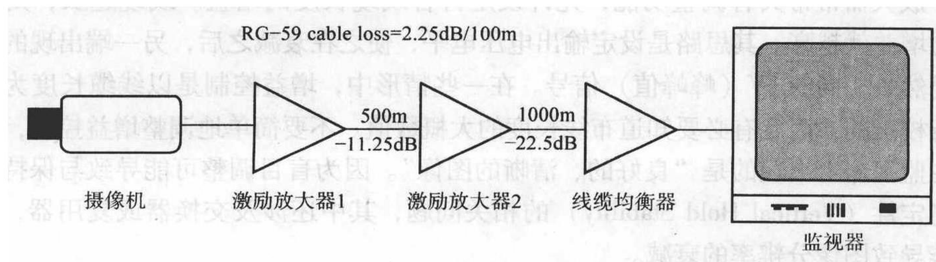


图 2-10 激励放大器 1 增益为 12dB，该增益补偿起始的 500m 线缆。
激励放大器 2 增益为 12dB，该增益补偿接下来的 1km 线缆中损失的 50%。
线缆均衡器增益为 12dB，修正在 1km 线缆布线中的损失

下面讨论的内容仍然是关于损失的。应该指出的是，每个 BNC（或其他类型）连接器都会引入信号衰减和反射成分，所以是良好的实践措施保持最少的线缆中连接数量。

在英国，所有的 CCTV 信号线缆安装都应该符合 BS 7671 中制定的实践标准中的电气安装要求，特别是与低压和高压线缆相关的电气分段部分。但是，除了围绕分段的电气安全问题之外，安装人员应该特别注意与主干线供电线缆相接的同轴电缆的临近范围，特别是在那些承载高电流，或为大量的强光灯、重型机械等供电的主干线供电线缆附近的情况。任何承载电流的导体都在其径向方向产生电磁场。而且，通过一条线缆的高频尖峰可能产生大型电磁脉冲（EMP）。因此可知上述能量场一定围绕着所有的主干线供电线缆。因为这些电缆除了进行 50Hz 强电流主供电之外，还携带了高频噪声尖峰。如果同轴电缆与主干线线缆平行布线，就极有可能发生电磁干扰（EMI）穿透屏蔽层，将一个噪声信号叠加到视频信号上。在发生这种情形的地方，显示或记录的图像将遭受如下的影响，例如水平波纹上滚动或下滚动，或当灯开关时或机械设备工作时，出现随机的闪动。

一般来说，同轴屏蔽层对抵抗这种噪声侵入起到很大程度的保护，但屏蔽程度最大将不会超过 95%。许多线缆可能屏蔽作用更差。为了防止噪声侵入，有效的措施是在可能的情况下，避免长距离、小范围、平行的同轴/干线供电布线，至少在线缆之间维持 30cm（12in）的间距。上述情形下不能使用塑料隔离管线方式，因为虽然它提供了电气隔离，但就防止刚列出的问题方面是没有作用的。金属管线提供了对抗干扰的屏蔽作用，在同轴视频线缆必须穿过高电气噪声区域的情况下，有效的措施是使用钢管线或导线管，使 EMI 损害系统性能的几率最小化。

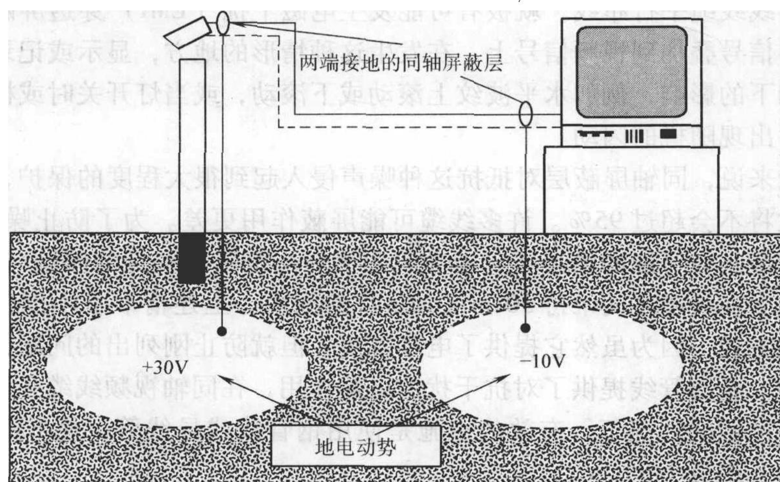
在了解同轴电缆的构造之后，我们知道，特征阻抗取决于线缆电容特性（各个因素之一），它是由内部绝缘材料的类型和厚度决定的。因此，如果内部套管因线缆压坏、扭结或充水而损坏，则特征阻抗将会改变，造成系统对信号损失和反射波等固有问题形成开路。也就是说，安装人员在安装过程中应该仔细地注意不要损坏线缆，或不应将线缆布设在以后容易损坏的地方。BNC 是不防水的，且设计使用环境也不是在外部（室外）。因此在必须进行外部连接时，应该总是将 BNC 封装在一个不受各种气候影响的壳中。一旦有水进入同轴电缆，毛细作用会使水沿线缆扩散数米，引入各种不期望的图像效应，且常见的是这些效应是间歇的。

为了防止对内层套管造成损坏，同轴电缆不应具有任何严重的弯曲。一条经验法则是，确保所有弯曲的半径不小于线缆直径的 5 倍。例如，如果线缆直径为 6.5mm，则弯曲的半径应该至少为 32.5mm。

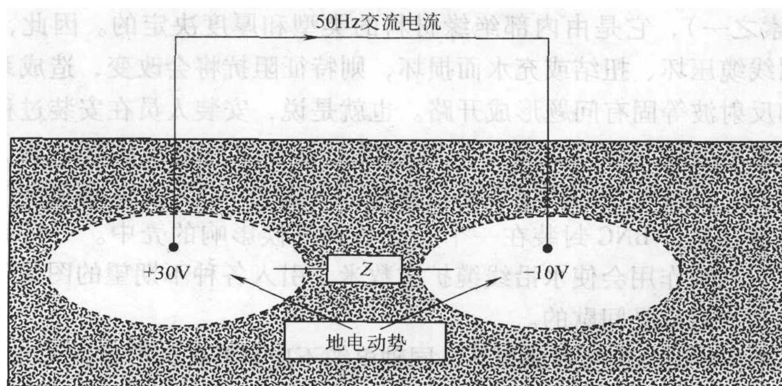
2.3 接地环路

当不同地点之间地的电动势（电压）不同时，就发生这样的情况（接地环路）。因为主干线供电设备的每个部件必须与地连接，在地电动势不同的地方，就会出现50Hz交流电流通过低阻抗屏蔽层流动的情况。这个问题如图2-11所示，一条长的同轴电缆两端存在电动势差为+40V。自然地得出下面的结论，即电流将在低阻抗同轴屏蔽层流动，旁路掉了更高阻抗的地，这就是出现电动势差的原因。

地电动势不同的情况是非常普遍的，特别在距离较长时更常见。当线缆一端的设备与另一端设备所连接主干线供电的不同相时，这个问题就可能进一步复杂化。图2-11所示为40V的电动势差；但是，仅2~3V的电动势差就足够造成问题。



a）地电动势不同的CCTV系统



b）等效电子线路，低阻抗的同轴屏蔽层旁路高阻抗的接地路径（Z）

图2-11 CCTV系统地电动势问题

因为中心电动势是以屏蔽层为参考的，故当接地环路电流沿同轴电缆屏蔽层流动时，50Hz 的波纹就叠加到视频信号之上。这意味着在信号信息中的亮度等级是恒定地以 50Hz 速率移动的，在监视器上显示的效果或者是一个黑色阴影或垂直通过图像的一个波纹滚动。这个效应，经常称为一个交流带（Hum Bar，图像波纹横条），也可能影响同步脉冲，导致垂直图像滚动。

在安装过程中测试地电动势问题的方法，是在同轴屏蔽层和将要连接设备的地之间进行交流电压测量。在完美的接地条件下，应为 0V。在实际情况下，会得到至少为数百毫伏的读数，这是正常现象。但是，在恶劣条件下，可能出现 50V 甚至更高的电动势。假设这个问题是简单地由地电动势差造成的，那么进行连接可能是不太稳妥（安全）的，因为在供电的地电路中可能实际上存在一个严重故障。如果 CCTV 安装人员不是具有资格的电气工程师，他应该书面向合适的人员报告电动势故障，以便能够开展供电方面的全面检查。

有许多方法可避免或克服 CCTV 系统中的接地环路问题。避免问题总是最优的策略，但并不总是现实的。记住产生接地环路的原因是由于系统具有一个以上处于不同电动势的接地点。因此如果能够使用 12V 直流或 24V 交流摄像机，则到同轴线缆的惟一接地连接是在控制室端。这样将不会发生接地环路问题，如图 2-12 所示。避免问题的其他方法是采用双绞线或光纤线缆，在本章后面我们将讨论这些方法。但是，安装光纤线缆的成本更加昂贵，除此之外，是在已经安装同轴电缆之后才能发现这个问题，在此之前是不可能识别这个问题的。

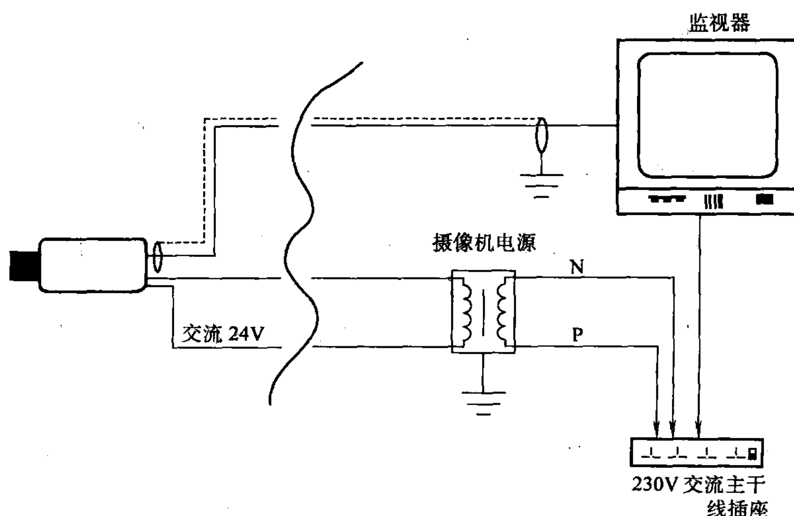


图 2-12 在低电压摄像机供电电路中，同轴电缆仅在监视器端接地

可以选择接地环路的校正设备，它有两种：变压器和光纤。变压器常常包装在一个封闭的金属密闭容器（起屏蔽作用）之中。为了提供理想耦合的宽带视频信号，内部电路可能包含一个以上的变压器。不仅如此，这些器件的工作原理保证断开同轴电缆的接地电路，但仍然提供视频信号传输，而不影响线缆屏蔽的完整性。基本电路工作原理如图 2-13 所示。在实践中，单个器件可能包含两个变压器，允许校正两个独立的视频电路。虽然将之放置于控制室端常常是更方便的做法，但是器件可安装在线缆的任一端。

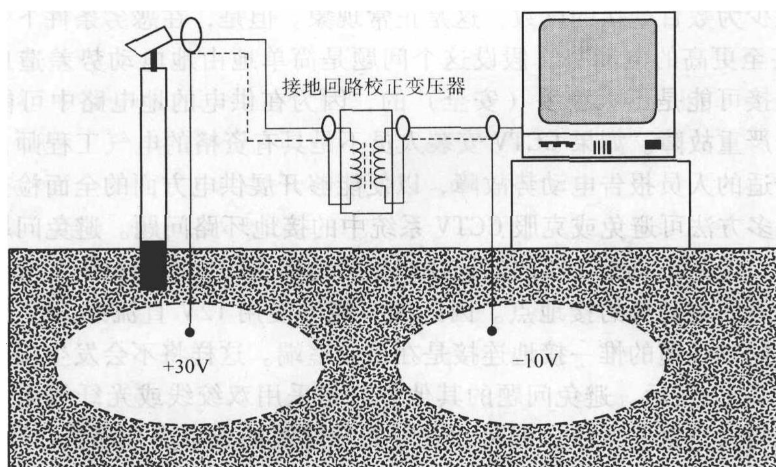


图 2-13 包括一个变压器，就中断了通过同轴屏蔽层的 50Hz 电流回路

值得指出的是，当涉及到宽带视频信号耦合时，并不是所有的校正变压器都执行相同的标准，有时可能有明显的分辨率损失。而且，在变压器不能耦合高频的情形中，对某些类型的测量控制信号可能会产生问题，导致连接到摄像机（包括一个接地环路校正变压器）的测量信号的损失。对任何类型的 CCTV 设备，仔细选择设备是重要的，当发现某种产品运行效果令人满意，以后继续使用它。

光校正器依赖于光耦合器能中断同轴屏蔽层的作用（见图 2-14）。视频信号施加到一个发光二极管上，该二极管将视频信号中变化的电压电平转换为光电平的变化。这些变化之后由一个光敏二极管检取，该光敏二极管将光信号转换为一个变化的电压。拥有许多独立输入（典型的为 8 输入或 16 输入）的这种器件是可购买到的，并可以用在控制室设备中，作为每个摄像机的输入缓冲。这用在如下安装情况中是非常理想的，即在规划阶段估计到接地环路可能出现问题的情况下是理想选择。这种情况指已知摄像机将通过主干线供电的不同相进行连接，或将跨越很大的地理区域。在初始购货单中可列入多输入接地环路校正器，由此一旦进行安装，就省去了申请额外成本的问题。

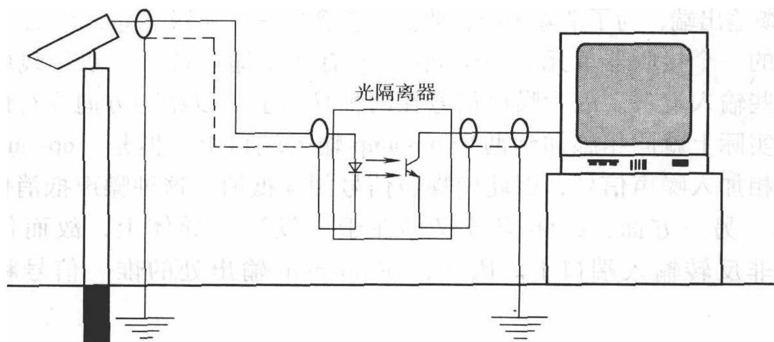


图 2-14 单通道光隔离器原理

2.4 双绞线

如其名字所隐含的，这种线缆由相互扭绞在一起的两芯导线组成。取决于线缆的质量，每米的盘绕圈数是变化的，但对于 CCTV 视频信号传输应用而言，建议最少为每米 10 圈——就抗噪声效果而言，圈数越多，则线缆的质量就越好。

这种类型的线缆可以提供均衡的信号传输（这是相对于不均衡而言的，是同轴电缆的工作机制）。如图 2-15 所示，在均衡传输系统中，因为两个导体是扭结在一起的，所以它们均衡地暴露到存在电气或磁场的任何干扰源之中。所以，感应出的噪声信号是沿两种导体的相同方向穿行的，而视频信号是以相反方向沿每个导体（信号发送和返回）穿行的。

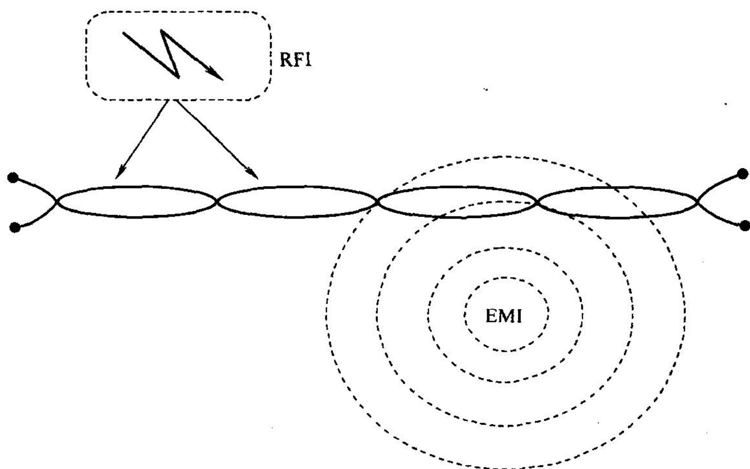


图 2-15 在双绞线对中的两种导体中感应出相等的噪声

在线缆输出端，为了消除噪声，要插入包含运算放大器（operational amplifier，op-amp）的一个接收器单元。一个 op-amp 有两个输入端口，双绞线中的导线连接到这些输入端口。因为噪声信号在两种导体上是以相同方向穿行的，所以噪声信号实际上就同相施加到两个 op-amp 输入端口上。但是，op-amp的作用是可以反相加入噪声信号，因此使噪声信号相互抵消。这种噪声抵消作用如图 2-16 所示。另一方面，视频信号仅存在于“发送”导体上，故而仅施加到 op-amp的非反转输入端口上。因此，在 op-amp 输出处的惟一信号将是视频信号。

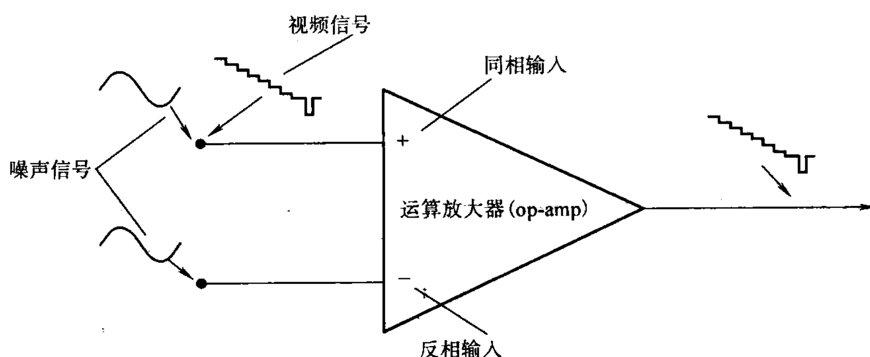


图 2-16 在反转输入处的噪声加到非反转输入的噪声，导致噪声抵消

因为噪声抵消作用，双绞线线缆就不需要屏蔽（理论上）。这种类型的线缆普遍称为非屏蔽双绞线（UTP）。但是，在估计存在大量 RFI 的情形中，建议采用屏蔽双绞线，因为这可提供对抗感应噪声的附加保护。这种线缆类型称为屏蔽双绞线（STP）。注意因为双绞线的作用，引入的主要干扰通过接地环路流过屏蔽层，可以以消除其他噪声信号相同的方式抵消噪声信号，因此在这加入屏蔽层不会产生问题。

当采用双绞线传输 CCTV 信号时，必须解决两个实际问题：第一，不可能将一个 BNC 连接器适配到一个双绞线；第二，双绞线具有的阻抗在 100～150Ω，这与所有 CCTV 设备的75Ω 阻抗不兼容。为了克服这些问题，将摄像机上 BNC 连接器输出的信号直接馈入到一个双绞线发送器，该发送器既将双绞线与地隔离，同时又将视频信号叠加到两根导线上进行传送。发送器也在 75Ω 同轴电缆和 100～150Ω 双绞线电缆之间提供阻抗匹配。在双绞线的另一端，阻抗匹配接收器将视频信号叠加到一个 75Ω 同轴电缆上输出，从而便于连接到 CCTV 设备的后续器件使用。双绞线安装的设备排列布局如图 2-17 所示。

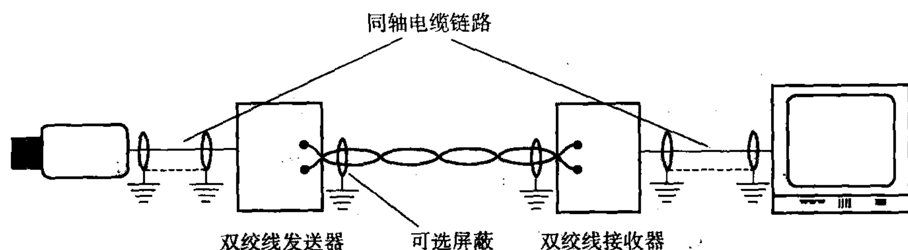


图2-17 双绞线传输排列布局

因为双绞线接收器包含一个有源电子线路（即 op-amp 信号处理器），所以就要求采用电源供电。对于双绞线发送器，无源和有源两种设备类型都有。很明显，无源发送器不需要电源供电；但是，一般而言，有源设备能提供更长的电缆连接距离。

在安装 CCTV 时，双绞线和同轴电缆布线不能共存的说法是没有根据的。较短的线缆布线可使用同轴电缆布设。而较长的布线，其中信号损失和接地环路可能被证明存在问题时，可使用双绞线布设。在一些 CCTV 遥测控制系统中，有必要伴随同轴视频信号线缆布设一条双绞线，将遥测数据传输到摆动/倾斜/缩放（Pan/Tilt/Zoom，PTZ）单元或球形组件。在安装人员为视频和遥测信号选择使用双绞线的情形中，多数传输系统将允许视频和数据信号沿单根、四芯电缆（包含两个独立的双绞线）传输，而不产生干扰和交扰。

在 CCTV 中采用双绞线（相比于同轴电缆）进行视频信号传输的主要优势是传输距离可以更长，这是由于线缆中的信号衰减较低。在高等级线缆（即 CAT 2 或更高）与有源发送器和接收器一起使用时，对于彩色信号传输可容易地达到 1000m 的距离，而对于黑白单色信号，制造商们频繁应用的距离都要超过 2000m。

使用双绞线的主要缺陷是在每条线缆布线的两端都需要使用发送器和接收器，这不可避免地增加了安装成本。可购买到多通道接收器单元，这既可降低安装成本又可减少散落在控制台后面独立设备的数量。

一种节省成本替代可行的方法是在控制室端配备双绞线输入端口以及 75Ω 同轴电缆连接的设备。一个典型的范例如图 2-18 所示。为了有效地利用这一方法，安装人员也许仍然在每个摄像机处采用传输设备，或是采用具备直接连接双绞线输出端口的摄像机。这样做的优势是明显的：节省接收器（可能有传输）硬件成本，降低信号损失（当从一种传输格式转换为另一种传输格式时，总是存在一些损失），以及不需要定位接收（和可能的传输）单元。



图2-18 一个 DVR/MUX，提供直接双绞线对视频信号输入
（图片使用获得 Tecton 公司的允许）

2.5 结构化布线

在本书第 11 章，我们将讨论计算机联网及将计算机联网应用到 CCTV 的内容。下面在本章我们将讨论在现代网络中采用的结构化布线系统，即 CAT 5、CAT 5e 和 CAT 6（在本书撰写之时，CAT 7 仍然在讨论之中，未有定论）。EIA/TIA（电子工业协会/通信工业协会）已经为商用建筑提供的双绞线布线系统种类制订了标准。这是 EIA/TIA-568 标准，被美国国家标准学会（ANSI）采纳，同时在欧洲可在 BSEN 50173 中找到这样的对等标准。568 标准被分成两部分：568A 和 568B。但是，为了便于读者理解本内容，这两者间的主要区别可看作是在 RJ45 针输出连线规范中加入 Tx/Rx 交叉连接（见表 2-3）。这些标准一直在持续地修订和更新，以便与快速发展的数据传输相关联技术保持一致。当人们查看到迄今为止 568 标准的修订次数时，就能明显地发现这一点。类 1 ~ 类 7 的综述概要见表 2-2。每个种类的规范不仅包括线缆方面，而且涵盖整个数据传输系统，其中包括数据传输速率、系统拓扑、线缆规范、最大线缆和接插线引线长度、终结阻抗、硬件（例如网卡、HUB 等）规范和安装实践。

表 2-2 EIA/TIA-568 标准类 1 ~ 类 7 的最大测试频率和最大数据速率

种 类	最大测试频率/MHz	最大数据速率
1	无	仅用于话音传输不用于数据传输
2	1	4Mbit/s
3	16	10Mbit/s
4	20	16Mbit/s
5	100	100Mbit/s

（续）

种类	最大测试频率/MHz	最大数据速率
5e	100	1Gbit/s
6	250	1Gbit/s
7	600	1Gbit/s（在本书撰写之时，正在讨论10Gbit/s的选项）

在网络界，压力来自于提高一直在增加的数据传输速率，这可以从非常早期的CAT 1（1Mbit/s）到目前的CAT 6（1～10Gbit/s）的工业进步中看出。但是什么决定了一条线缆的最大数据速率？基本上而言，这是指线缆带宽的大小。再次参见图2-1和图2-2，我们知道方波信号实际上被传输线缆的电容和电感效应所滤波。因此，线缆制造商不断地在开发线缆方面遇到挑战。这些线缆要具有这样的属性，即作用最小滤波，并因此在高传输频率处提供最大带宽。

CAT 5和CAT 6网络都采用UTP线缆，设计具有100Ω的阻抗。CAT 7将采用STP，其中每对线将是分别屏蔽的，具有整体的外部屏蔽/铠装。最初的CAT 5的线缆规范在网络带宽方面相对于较早的CAT 3有了巨大的改进，所以要以最初的CAT 5取代CAT 3。从表2-2中，我们看出CAT 3提供了10Mbit/s的最大比特率；而当在1995年10月同意采用CAT 5时，已高达100Mbit/s。迄今为止，当每个新的规范被引入时，总是满足这样的条件：新网络是后向兼容的。

在2001年5月，当EIA/TIA批准一种增强型CAT 5线缆——CAT 5e——新标准时，CAT 5标准就过时了。这种线缆类型是原始版的简单细化版，提供在更高数据速率处的更可靠的数据传输。CAT 5和CAT 5e都适合于Gbit/s的以太网，能提供高达1000Mbit/s的数据速率。但是，在这样高的速率处的可靠传输仅在引入CAT 5e后，才真正成为可能，而在现实中许多网络仍工作在100Mbit/s的速率。

在2002年6月，EIA/TIA通过CAT 6标准。初看之下，除了200MHz这样大幅提高的带宽数字（这是被通常引用的——在表2-2中的250MHz数字是最大测试数字）之外，在新标准和CAT 5e之间难以看出任何显著的区别，两者都能够进行1Gbit/s的数据传输。但是，仔细阅读规范，会发现CAT 6的交扰和噪声方面远优于CAT 5e。而且，对于CAT 6，不仅是线缆规范得以细化，而且连接器、接插线束和网络设备输入/输出芯片集的规范也包括在规范之中，并且是更加严格的。当与任何早期的标准相比较时，极其卓越的CAT 6规范意味着更加可靠的数据传输。最后，CAT 5/5e网络仅使用了4对可用线缆对中的两对导线（将其他两对留给其他应用，例如电话连接，或甚至第二个网络），而CAT 6利用了所有的四对导线（见表2-3）。

对于以太网通信，经常看到使用这样的术语，例如100BaseT。第一个数字

(100）表示数据速率——在这个例子中是100Mbit/s。“Base”意味着采用基带信号传输，“T”表示系统使用双绞线线缆。

CAT 3、CAT 5和CAT 6网络是通过RJ[⊖] 45插头/插槽连接的（见图2-19)。这项要求是前面提到的后向兼容性的一部分，但必须记住的是，CAT 6网络要求使用满足更加严格的CAT 6规范的RJ 45连接器。这是因为在数据链路中，网络将总是运行在最低设备速率之上。因此（如果），例如一个CAT 6网络中包括CAT 5连接器或一个CAT 5 HUB，则网络将仅能在陈旧的1995 CAT 5标准的数据速率下传输。这点对于CCTV工程师在理解解决分歧方面具有重要意义，有助于他们在现有网络上安装IP摄像机的工作。顾客可能确信他们具有的高性能的CAT 6网络，能容易地处理由IP摄像机所增加的负载。但是，如果

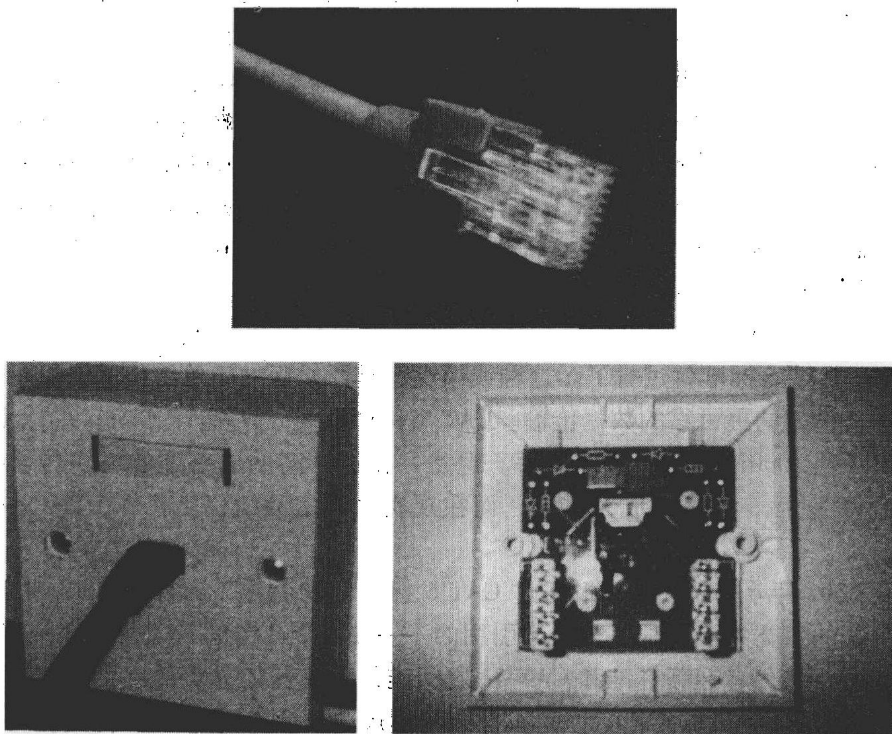


图2-19 RJ 45插头和插槽连接器

（注意：虽然物理结构上是相同的，但CAT 3、CAT 5、CAT 5e和CAT 6所用的连接器在各自规范方面是不同的。例如，将CAT 5插槽安装到一个CAT 5e网络中会将性能带宽降低到CAT 5的带宽）

⊖ RJ：Registered Jack，标准插座。

那个顾客不知道他们的网络上有 CAT 5 或 CAT 5e 部件，则 CCTV 系统将不能良好地按照标准运行。摄像机可能会下线，图像帧可能连续丢失，或在网络上发生其他现象，例如打印机运行非常缓慢，电子邮件接收需要很长时间等等。这样可怜的 CCTV 工程师经常被指责是他们“阻断网络运行”，但事实上，这样的问题是一直潜在着的——仅是在网络上添加的这点负载才让问题浮出水面（被人们注意到）。

四对双绞线线缆是由它们的颜色加以识别的——褐色、蓝色、橙色和绿色。重要的是，在安装的整个过程中，维持一致的线对顺序。比如，使用一条绿色线和一条蓝色线作为线对用于数据传输，会使线缆的噪声抵消和串扰抵消属性失效，网络正常工作的可能性不大。表2-3 给出 CAT 5 和 CAT 6 中，568A 和 568B 的 EIA/TIA 配线规范。注意对于 CAT 6，引脚 1、2、3 和 6 与 CAT 3/5 的规范相同，它具有后向兼容性。

表2-3 EIA/TIA-568 标准配线规范

RJ 45 连接器引脚	线色（T568A）	线色（T568B）	CAT 3 CAT 5 CAT 5e	CAT 6	PoE 连接
1	白色/绿色	白色/橙色	传送 +	Tx_D1 +	模式 A +
2	绿色	橙色	传送 -	Tx_D1 -	模式 A +
3	白色/橙色	白色/绿色	接收 +	Rx_D2 +	模式 A -
4	蓝色	蓝色	未用	BI_D3 +	模式 B +
5	白色/蓝色	白色/蓝色	未用	BI_D3 -	模式 B +
6	橙色	绿色	接收 -	Rx_D2 -	模式 A -
7	白色/蓝色	白色/蓝色	未用	BI_D4 +	模式 B -
8	褐色	褐色	未用	BI_D4 -	模式 B -

在任意传输系统中，将传送链路（Tx）连接到接收链路（Rx）是必要的。在一个以太网中，设备正常情况下是通过 HUB、交换机、网桥等相互连接的，Tx 和 Rx 链路的交叉连接是在这些设备处完成的。在有必要直接连接的情况下，比如两台 PC，则必须使用交叉接插线缆，否则 Tx 将连接到 Tx，Rx 将连接到 Rx，这样将无法通信。直连和交叉线缆的实际连接安排如图 2-20 所示。

需要注意的另一点是，CAT 3 和 CAT 5 线缆物理上看起来非常类似，所以一个好办法是验证网络安装时是否使用了正确的线缆。同样要注意的是线缆的过度弯曲、拉伸或挤压等问题，因为所有这些行为都将改变线缆性质，并可能导致数据错误过大和后续的系统故障。

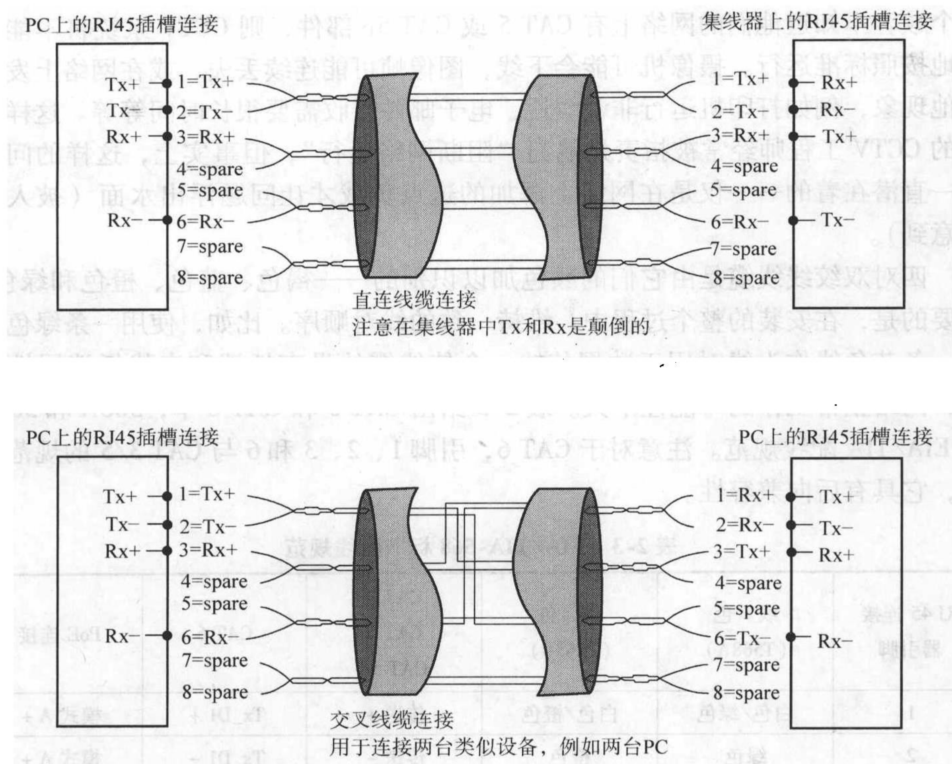


图 2-20　EIA/TIA 线缆和插槽的接线规范

（注意：使用导线的颜色对于 568A 和 568B 网络连接器是不同的（见表 2-3））

2.6　通过以太网供电

在网络领域中的一项最新研究是通过以太网供电（PoE）标准 IEEE 802.3af，该标准在 2003 年被采纳。其原理非常简单，即使用现有的以太网线缆给网络设备供电，而不是布设独立的线缆或在每个以太网设备位置处花费额外的费用安装 230V 交流供电插座。系统是这样设计的，使用 CAT 3/CAT 5 以太网线缆中的空闲线或实际的数据线进行供电传输。

采用 PoE 技术，在任意网段的可用供电是直流 48V，最大为 350mA 或 16.8W。350mA 的限制是必要的，为的是防止相对较小的交叉区网络线缆的过载。这就需要一个 PoE 电源供电，这个单元必须配备过电流和过电压保护。保护是双向的：它确保在出现电源供电故障时，网络设备不会受到破坏，同样它也确保电源供电设备自身不会由于网络设备故障或线缆短路而损坏。

正常情况下，电源供电设备位于主配线之间（其中包含有网络路由器/交换

机)。对于安装好的系统，要在其中使用 PoE 的话，则需要添加一个 PoE 供电集线器。该设备将采用 PoE 的网段接线到现有的交换机。现在这些网段上的所有网络设备就有电源可用了。接线布局排列如图 2-21 所示。配备 PoE 电源的以太网交换机正逐渐普及，这减弱了对供电集线器的需要。

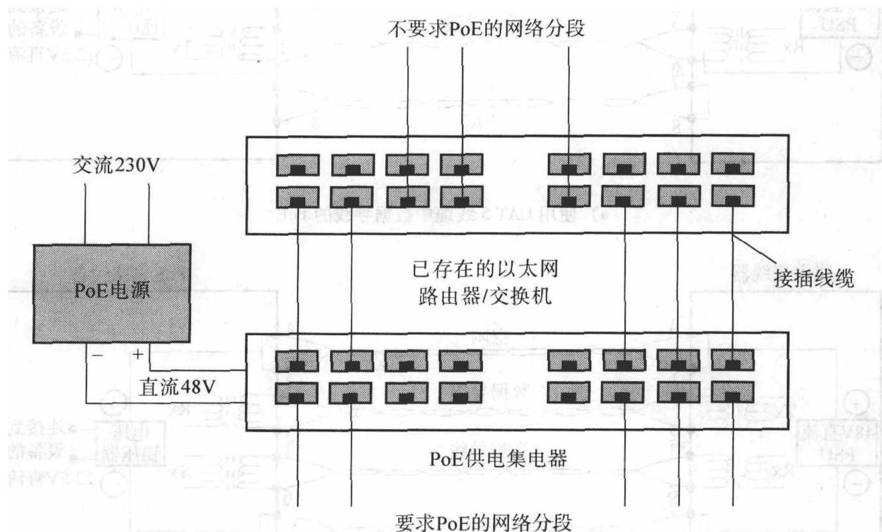


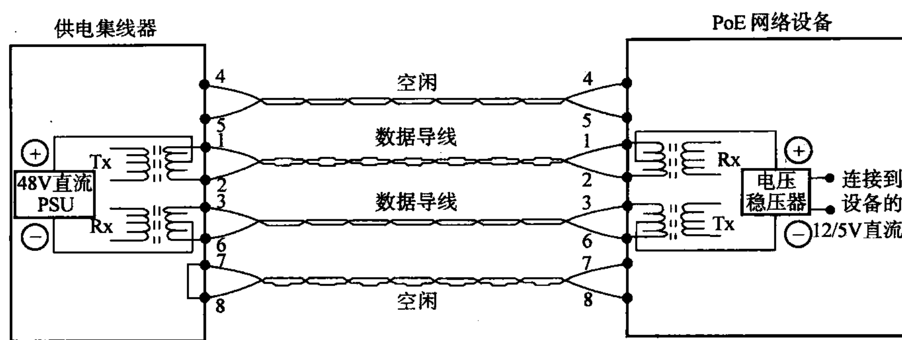
图 2-21 使用一个供电集线器，将一个以太网上供电电源连接到现有网络

图 2-22a 所示为 PoE 是如何使用数据线缆进行传递的。电能通过一个中心抽头的变压器注入，这意味着，从直流的角度而言，两条导线是平行的。但是，从交流（数据信号）的角度而言，每个导体之间不存在直流偏移。在网络设备中的中心抽头检取变压器经常称作检取器（Picker）或分路器（Splitter)。该设备从两根导线中获取 48V 直流供电，并通过变压器恢复数据信号。

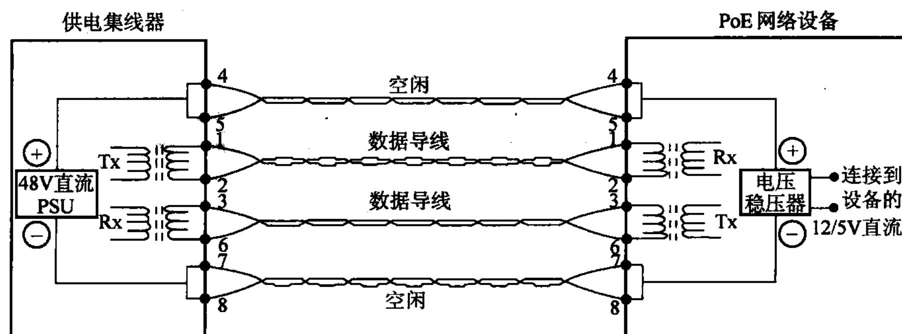
图 2-22b 所示为电路布局，其中在一条 CAT 3 或 CAT 5 线缆中的空闲导线用于 PoE。注意在每对导线中的两条导线都被使用，为的是增加交叉区面积，因此可以减少线缆中的功率损失。网络设备中的一个调压器或直流到直流变换器常常用来将供电电压从 48V 降低到通常的 12V 或 5V。

显然，PoE 配线的标准颜色码必须同样遵循数据配线的规范，因为事实上它们是相同的东西。但是，为了方便识别，表 2-3 已说明了这些颜色，其中模式 A 表示当采用数据线时使用的颜色，模式 B 表示当使用空闲导线传递 PoE 时使用的颜色。

现在必须询问的问题是：如果直流 48V 施加到没有采用 PoE 的网络设备上，会发生什么问题？答案是简单的：将损坏设备的网络输入电路！显然，当应用部署 IEEE 802.3af 标准时，必须考虑到这个问题，且必须找到一种即插即用的解



a）使用CAT 5线缆中数据导线的PoE



b）使用CAT 5线缆中空闲导线的PoE

图2-22 使用CAT 5线缆的PoE

决方案。这是因为有许多非技术人员，他们经常地将网络设备（例如笔记本电脑等）连接到最近的空闲网络点。每个支持PoE的设备必须在其输入端口上连接一个25kΩ电阻，导致它引出2mA的电流。无论何时一个设备连接到一条PoE的使能网络连接线，供电集线器不会直接施加全部的48V直流电压。相反，它施加一个较低的测试电压，并测量输入电流。事实上它在探测25kΩ电阻。如果它检测到一个电阻，HUB将施加全部的48V直流电压，否则去除探测电压，网络连接被看作一条普通的数据连接。这种方法既防止了对非PoE设备的意外损坏，又允许在一个网段上可互换设备。

对CCTV而言，PoE的隐含意义是明显的：由于许多原因（包括方便的配线，其他原因将在第11章中讨论），网络IP摄像机正日渐流行。但是，直到引入PoE之前，仍然必须为每台摄像机提供独立的直流供电电压。随着支持PoE的IP摄像机的日渐普及，CCTV产业在许多应用中将会更多地采用这种设备。

2.7 带状线缆

也称作“扁平双线”线缆，这种线缆具有两条平行导线，并按照我们刚刚讨论过的平衡传输原则工作。因为这些导线没有扭结，就不能保障它们承受等量噪声能量的能力。虽然在实践中在短距离上经常采用扁平线缆。一条典型的带状线缆构造如图2-23所示。

这种类型的线缆对于在一个控制室内设备之间的互连是有用的，特别对于桌面安装的设备单元更是如此，其中较大型的、更加坚硬的线缆类型已证明可能不是太方便的。

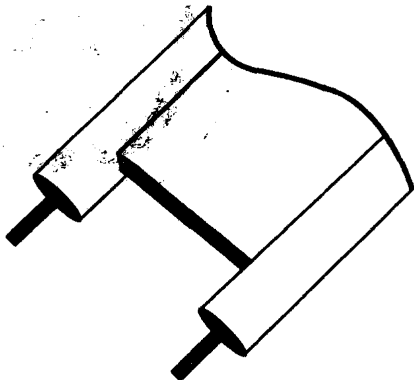


图2-23 带状线缆构造

2.8 光纤

大部分的光纤信号传输应用是首先由电信产业开始的，且多年来还是在电信产业中大量应用。也许这是因为安装光纤要求的特殊技能和设备导致的，特别在与连接（粘接）和终结相关的方面更是需要特殊技能和设备。或许是由于相比于同轴或其他铜传输媒介，线缆的成本相对较高，导致在电信产业中使用较多的现状。不管是什么原因，就选用这种非常有效的方法在任意距离上发送CCTV信号方面而言，CCTV产业中的应用光缆发展缓慢。

因为光纤中的信号是以光的形式传输的，这种媒介不会遇到铜介质传输系统遇到的任何问题，这些问题如RFI、EMI、闪电等。还有就是光纤传输具有非常宽的带宽和非常低的信号衰减，这意味着信号能够发送极远的距离，而不需要任何导线-纠错设备。光纤也提供设备之间完全的电气隔离，因此不可能出现接地环路。从安全的角度来看，在对接收端没有明显变化的情况下，就几乎可以肯定没有连接到光纤上（即只要连接到光纤上，在接收端就能发现显著的信号变化）。单根光纤和一条光纤束的构造如图2-24所示。

使用光纤线缆传输信号的最大问题之一是模式畸变，这是由于光能量会通过线缆中多条不同路径传输导致的。因为光波路径长度不完全相同，施加在输入上时长为1ns（比如）的单个光脉冲，到达输出时变为2ns左右的时长。换句话说，信息会发生畸变。线缆走线越长，则问题就越严重。

单位长度上模式畸变的程度取决于光纤材料的构造，实际上有许多的线缆类

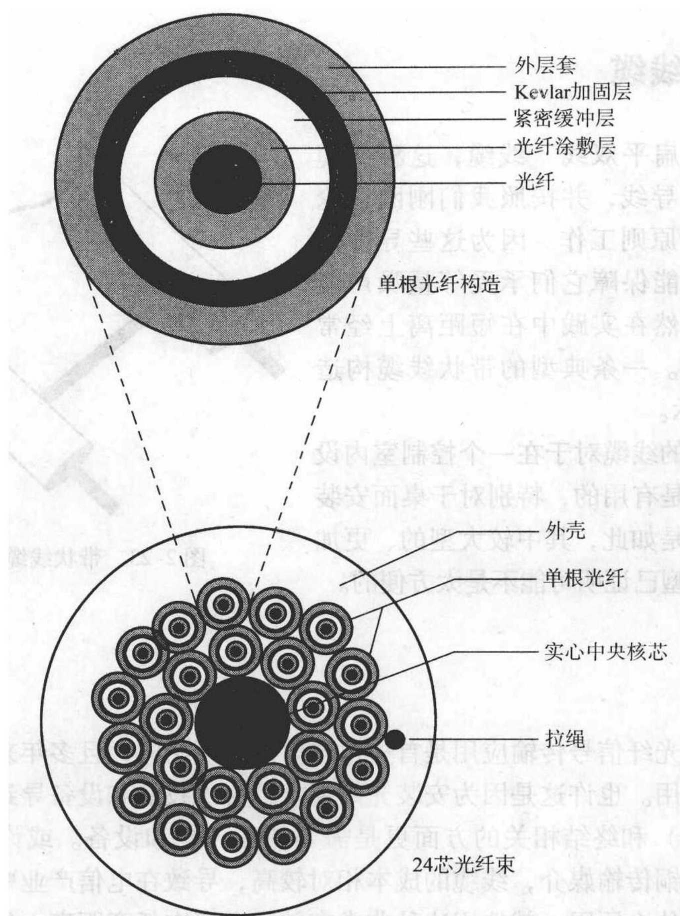
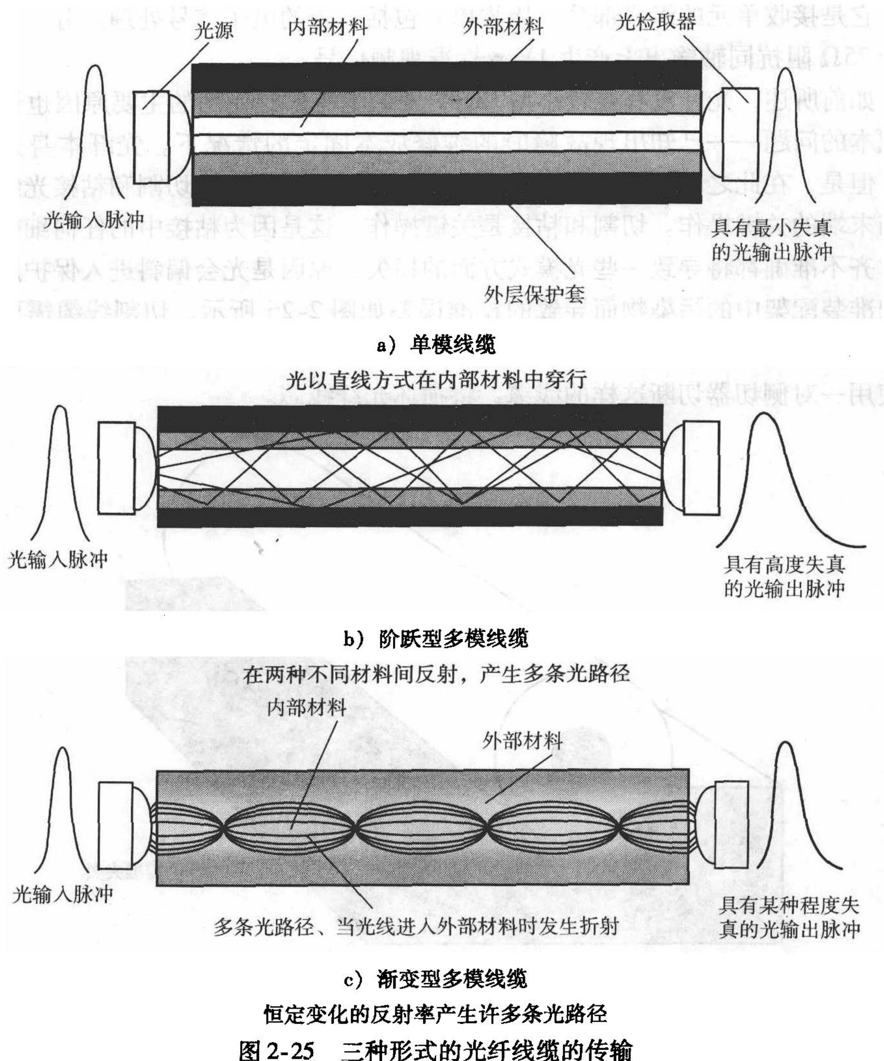


图2-24 单根光纤的构造和一条光纤束的构造

型，每个都具有不同的特征。为了最小化模式畸变，就必须使用专门工程化的线缆；但是，这些线缆的造价非常昂贵。对于CCTV系统，线缆走线相对短（相比于一条跨大西洋海底电话线缆而言），因此模式畸变的效应很小，且使用比较廉价的线缆设计就足够了。

三种形式的光纤线缆的传输情况如图2-25所示。单模线缆是三种光纤中最贵的，这是由于它的芯直径非常小（典型的为5μm）所致，但它以最小畸变提供了最大的传输距离。阶跃型多模线缆在线芯中采用两种不同材料，每种材料具有不同的反射率。这导致不同路径长度上的多条光路径，这种效应叠加到输出，就产生一个合成的信号。这样的线缆相对而言不太昂贵，但是它具有最大程度的信号畸变。渐变型多模线缆也采用两种不同芯材料，但是这两种材料是相互扩散的，产生反射率的多级梯度，导致光沿线缆传递时，实际上是从线缆壁的一侧“弹”到另一侧的。渐变型（GI）线缆比阶跃型线缆提供了更好的畸变特性，且

比单模线缆要便宜得多，这使它成为 CCTV 应用的主要选择。阶跃型和渐变型线缆，相比单模线缆来说，它们的芯直径要大得多（典型的为 50μm）。



a）单模线缆

b）阶跃型多模线缆

c）渐变型多模线缆

恒定变化的反射率产生许多条光路径

图 2-25 三种形式的光纤线缆的传输

采用这种特定类型的光纤缆，布线可容易地达到 2km。依据光源的频率，可以更进一步地延长距离，而不需要任何信号放大设备。

光源可以是发光二极管（LED）或激光二极管。两者中，LED 是非常廉价的，但它的工作频率非常低。我们之前提过，即一个 LED 能够在高达 100MHz 的频率上做出反应，这对于 CCTV 应用就富富有余了。由 LED/激光二极管发射的光频率在设备之间传输会有所变化，但是某些频率承受的衰减较小，因此传输距离更长，这是制造商不能忽略的一个因素。视频信号施加到光源，光源将信号

电压的变化转变为亮度变化。

光检取器是一个光敏二极管，它是将光电平转变为相应电压电平的一种器件。它是接收单元的组成部分，接收单元包括必要的电子信号处理部分，以便在一个 75Ω 阻抗同轴输出上产生 1Vpp 标准视频信号。

如前所述，光纤没有在较小型 CCTV 安装上更广泛使用的主要原因也许是安装成本的问题——已知出现故障时的维修成本固定的情况下。光纤本身是昂贵的；但是，在此之上的是雇佣专业承包商的成本，他们完成切割和粘接光纤，并终结末端的关键操作。切割和粘接是关键操作，这是因为粘接中的任何细微瑕疵或对齐不准确都将导致一些光模式方面的损失，原因是光会偏斜进入保护层。由于校准装配架中的污染物而导致的校准误差如图 2-26 所示。切割线缆需要特殊工具，因为如图 2-24 所示多数线缆都有一个相伴随的 Kevlar 加固层，如果简单地使用一对侧切器切断这样的线缆，将损坏光纤线芯。

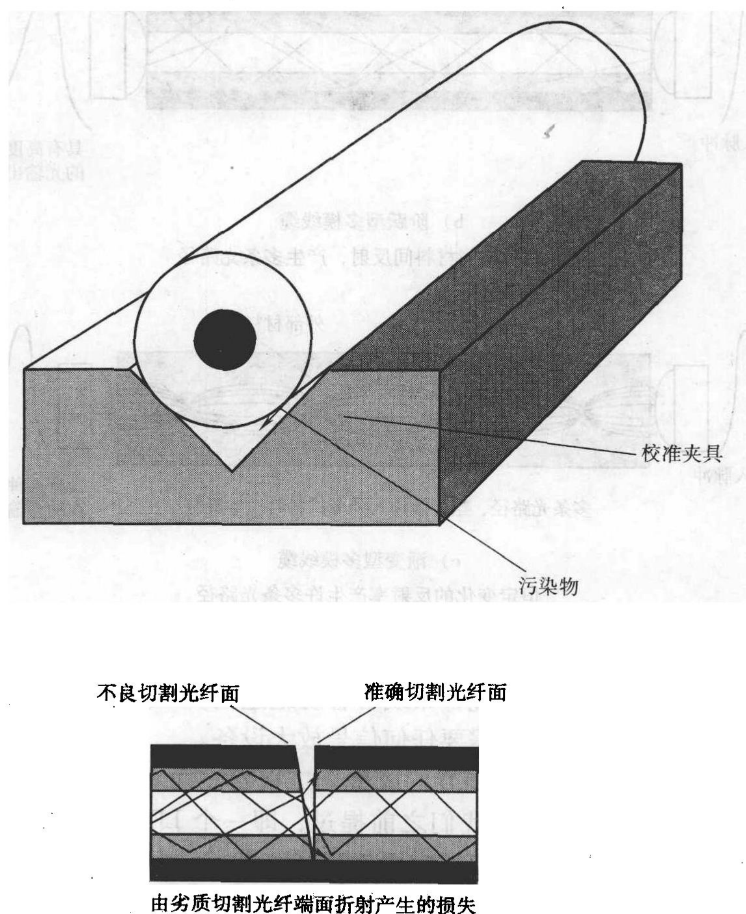


图 2-26 由于在校准对齐装配架中的细微污染导致的对齐损失

粘接（连接）光纤线缆有许多方法，所有这些方法都需要专业的、昂贵的设备，以及一定程度的培训。机械粘接涉及在使用一种粘接剂夹紧或固定之前，在装配架中要对齐两根线缆。在两个线缆末端连接之前，必须精确地切断线缆末端，之后打磨抛光使它们以精确的90°吻合对齐，这样做的目的是防止（信号）损失。校准对齐也是关键操作，因为当对齐仅有5μm直径的线芯时，任何大于这个值的对齐误差都将导致100%的光损失。粘接光纤线缆的另一种常见方法是熔接，其中两个末端以类似于电弧焊接的过程熔化在一起。这样粘接比机械方法更为准确，并去除了这些必需的准确切割和抛光操作。

复用CCTV模拟视频信号有许多种方法，即一个以上的视频信号能够通过一条单根光纤线缆进行传送。实际的复用技术是复杂的，超出了本书的讨论范围。但是，对于考虑使用光纤进行视频传输的CCTV安装人员而言，知道存在这些复用器是有用的。替代复用器的方法是使用多芯光纤，但这将被证明是成本更加高昂的复用方法。

指出围绕光纤的相关安全问题是很重要的。虽然光纤线缆非常粗大，但光纤本身比人的一根头发丝还要细，另外光纤颗粒可能对工程师产生一种几乎看不见的健康危害。小段光纤可容易地刺穿皮肤并折断，导致过敏甚至发炎，采用医学手段难以处理。而且，在某种适合的条件下，破碎的颗粒可能被人吸入，并可能无限期地埋入肺中。甚至对于不直接处理光纤的工程师（他们的工作是后续的光纤安装），他们应该检查工作区域是被正确清洗过的，并且如果他们怀疑这些区域仍然有光纤，就应该避免皮肤直接接触地面或其他表面区域。

2.9 红外光束

本质上而言，这是光纤信号传输的一个变种。一个红外光源被一个视频信号调制，调制后的光被一个光学组件聚焦到一个接收单元，该接收单元的距离可能有1km或更远。发送器和接收器必须能够以线距相互“看到”（即视距条件）。

和光纤的情形一样，存在两种类型的光源：LED和激光二极管。比较这两者，发现LED发送器是价格非常低廉的，且它在10°~20°量级上产生较宽的发散光束。但是，发散光束限制传输距离，一般而言是数百米。自然地，有限的距离可能会是一个问题；但是，宽光束使系统对准非常简单，且其上安装发送器和接收器单元的结构不必是完全稳固的。另一方面，激光二极管发送器产生一束非常窄的光（在0.2°左右），该光能够传输更长的距离。但是，窄光束要求对准非

常准确，且设备真正需要安装到固定结构，例如建筑物上，以避免由运动导致的信号损失。同样，注意直射太阳光的影响，原因是太阳光可能导致金属安装架的移动，使光束发射偏离目标。

当为这些设备单元选择位置时，必须记住，在光路径中的任何中断都将导致直接的信号损失，虽然红外光能够一定程度上穿透云雾和雨，但将降低设备的传输距离，且严苛的天气条件可能导致信号损失。因此注意将这些条件控制在它们规定的限制内（实际中总是允许一定量的信号损失）。也要注意可能影响信号损失的其他变化，例如春天树叶变化的影响，在设备安装之后树的生长，可能矗立的建筑（后来建造）等。

在 CCTV 系统中，其他方式已证明难以处理的桥接空隙情况（即物理连线困难），红外链路可能是非常有用的。例如，也许人们决定在一个城镇中心系统中添加一台额外的摄像机，但其环境将意味着大量造价高昂的工民建工作，且对交通会造成不便。在这些场合下，使用一条红外链路可能证明是更加划算的和期望的解决方案。一个典型的应用如图 2-27 所示。

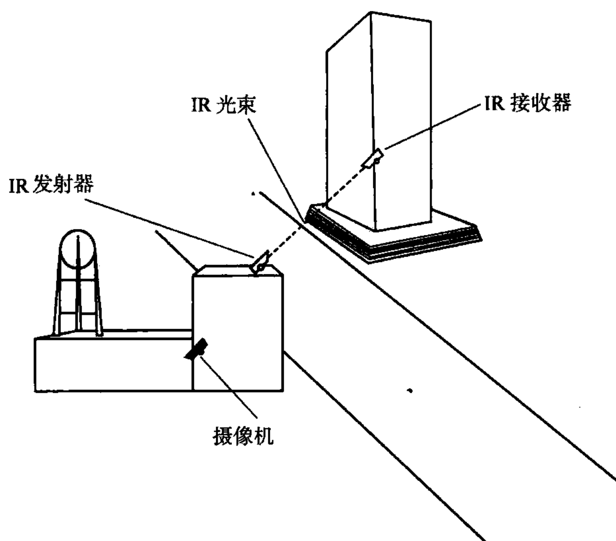


图 2-27　跨越一条主路的宽光束红外链路

设备单元常常包括一对小型摄像机罩，一台优质产品将包括与摄像机罩配套的许多必不可少的“额外物”，例如洗/擦（工具）、加热器，在一些情形中一台可选的风扇是夏季用于冷却设备的——记住极热情况可能导致光学器件的暂时失准。

2.10 微波链路

“微波”指无线电频谱中的一个频率带，从3GHz扩展到30GHz（词头G表示10^9，即1000000000）。这些频率在室内UHF电视信道频率以上，并包括许多室内卫星TV传播信道和移动电话信道。

为了防止信号间的干扰，无线电波要按规范使用，在没有合适授权的情况下，是不允许运行无线信号发送器的，除非该发送器使用的频带是自由分配、无使用许可证的频带。即使在这样的情况下，设备的传输功率和带宽方面也必须遵循某些规范。这些“对所有人开放”的信道之一的典型范例是CB无线电频带。这些约束意味着CCTV信号传输设备必须在指定的频带内运行，一定不能超过某个功率输出水平。在英国，微波CCTV设备运行的频率为3GHz或10GHz左右。

设备常用的是定向（碟形）天线（见图2-28)。这种天线有两项优势：第一，如果功率在一个方向通过信道传输，则可以极大地增加传输距离；第二，对于人为操作接收设备并调谐到相同频率来截获信号的情况而言，它提供更加安全的保护。但是，使用碟形天线要求进行仔细的对准操作，因为小角度的误差就能导致信号损失。这也同样意味着抛物面天线必须是稳定的。注意，如果碟形天线是近似对准情况下，仅在良好天气条件下，信号能够产生完美的图像；但是，一旦有雨或雪落在碟形天线上，信号衰减就会导致图像质量下降，并伴有人们熟悉的“闪光”出现。其技术与卫星TV是相同的，对于在房屋上拥有一个没有对准的或尺寸不合适碟形天线的人来说，会很熟悉上述现象。

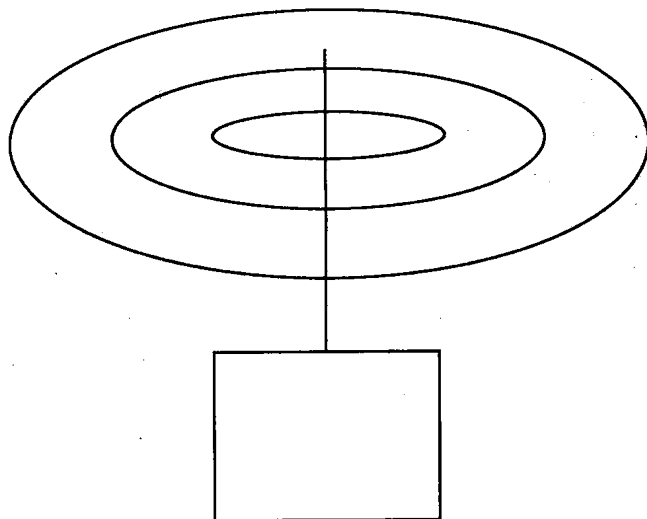
微波能量不能穿透实心物体，因此在发送器和接收器之间必须保证无障碍的视距条件。这个因素使得微波多用于短距离传输，除非可以将系统两端设备安装在高层建筑顶部，才可用于长距离传输。另外，信号可在平坦的扩展范围上良好地传播，虽然在英国这种用法还没有多少实例。

在一个CCTV应用中，发送器位于摄像机附近，通过一条同轴电缆链路连接。接收器位于视距范围内的某处，这个位置便于信号通过线缆发送到控制室，理想情况下要尽可能地接近控制室，或在一个光纤收集器点。

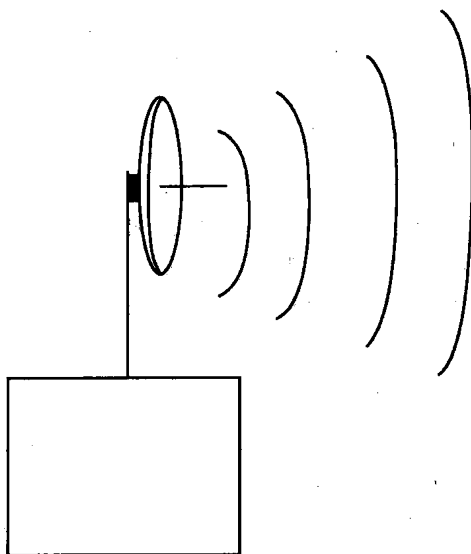
事实证明，在如下情形中安装微波链路的摄像机日渐流行：摄像机需要位于远端区域，且提供主干线电源供电和视频线缆的成本令人望而却步的情况。通过采用一种摄像机/壳组装配件，配有一块太阳能板和可充电电池，加上一个微波发送器，这样安装经常是经济可行的。

双向微波链路已经商用，允许视频在一个方向传输，遥测数据在另一方向传输。这样做的优势是明显的，但某种程度来说上是设备成本限制了这种技术的使

用。一些发送器也包括一个声音信道。



偶极子（柱形）天线允许在
所有方向发射RF能量



碟形天线将RF能量定向到一个方向，从而
增加了传输距离

图 2-28 非定向和定向无线电传输的比较

2.11 UHF RF传输

近些年来，出现了许多家庭用DIY CCTV成套产品，但许多DIY房主不希望看到在家周围布设线缆。当你看到已经安装线缆家庭布线方式时，不难理解这是为什么。因此无线CCTV系统的提出可能对房主而言是非常具有吸引力的。

这些无线系统产生于最初为室内TV和VCR开发的一种技术。其思路是将一台VCR/DVD播放器的复合视频输出连接到一个局部UHF发送器。因为UHF可在有限程度内穿透实心物体，在每个房间中就能够检取到信号。但是，必须指出的是，在许多情况下，信号也能被邻居检取到。这种设备已经被本地CCTV信号传输所采用，但必须注意传输范围是非常有限的，而且不管怎么说，无线信号并不安全。另一方面，存在这样的情况，为室内VCR应用而设计的UHF视频发送器系统可能证明是解决这类困难问题很划算的方案。

2.12 应用电话网络的CCTV

这一思路不是新提出的——它已经存在了数十年——但许多年来的问题是PSTN（公共交换电话网络）的带宽非常窄，仅在4kHz的量级上。沿这样的一条线缆发送5.5MHz视频信号的想法初看是不可能实现的，但采用特殊开发的慢速扫描（Slow Scan）设备就可以，这已经成功使用了许多年。

慢速扫描的原理是抓取单个TV图像帧，将其数字化，以双音频信号的形式沿PSTN线缆发送，之后在接收端将这个信号解码。但问题是仅发送一帧的数字信息所花费的时间就在32s的量级上，这还不包括拨号时间。

数字视频信号压缩技术的进展使得传输速率增加，因此就诞生了快速扫描。这样数据量减少，结合PSTN线的调制解调器速度增加，产生图像传输速率就达到每秒1个TV图像帧。

在PSTN上，比特率在14kbit/s的量级上；但是，ISDN（综合服务数字网络）技术使这个数字相形见绌。该项技术开发于20世纪70年代，引入这项技术为的是处理电话网上快速增长的带宽需求。如其名字所表明的，它是一种数字系统，因此可提供更高的数据速率——64kbit/s。在英国，ISDN是根据客户订单由英国电信安装的，期望使用这种方式用于CCTV快速扫描的一名客户必须准备支付安装和使用这个设施的费用。

许多年来，ISDN已被证明是可以在长距离上发送CCTV，而不需要复杂和

昂贵专用线缆的一种非常有效的媒介。但是，以太网技术的最近进展正使这种 CCTV 传输的形式变得不那么重要。当然，以太网自身也可使用 ADSL 技术在电话网络上传输，所以通过电话网络的 CCTV 传输仍然是非常具有生命力的。

2.13 连接器

在 CCTV 中最普遍的同轴线缆连接器是 BNC（Bayonet-Neil-Concelman）、phono（也称 RCA）和 SCART（Syndicat des Constructeurs d'Appareils Radio Recepteurs et Televiseurs）。连接器的另一种类型是非常有效的和鲁棒性很强的，即 UHF（PL259）类型。但这种类型的连接器从来没有在 CCTV 中广泛采用，当它出现时，人们倾向于将之看作有害的东西，因为工程师们经常不会携带（这种连接器的）替换件、耦合器或转换器。各种连接器如图 2-29 所示。



图 2-29 各种连接器

（从左到右：BNC 卡销、BNC T 连接器、BNC 直连接器、BNC/phono 适配器（顶部）的两个变种、Phono、UHF、SCART）

在其他三种类型中，BNC 是迄今为止鲁棒性最强的，它采用的卡销装配意味着它不容易松开。而且，它的构造以及屏蔽和线芯终结的方法意味着它能维持线缆的阻抗特性，不会引入显著的信号衰减（前提是使用了良好质量的连接器）。最好的产品具有镀金的内部引脚；或在母连接器壳体中有镀金内部套箍。

BNC 连接器安装线缆时，可用压拢、缠绕或焊接方式装配。只要使用正确的压拢工具，压拢类型的 BNC 连接器到目前为止是最适合 CCTV 应用的。采用

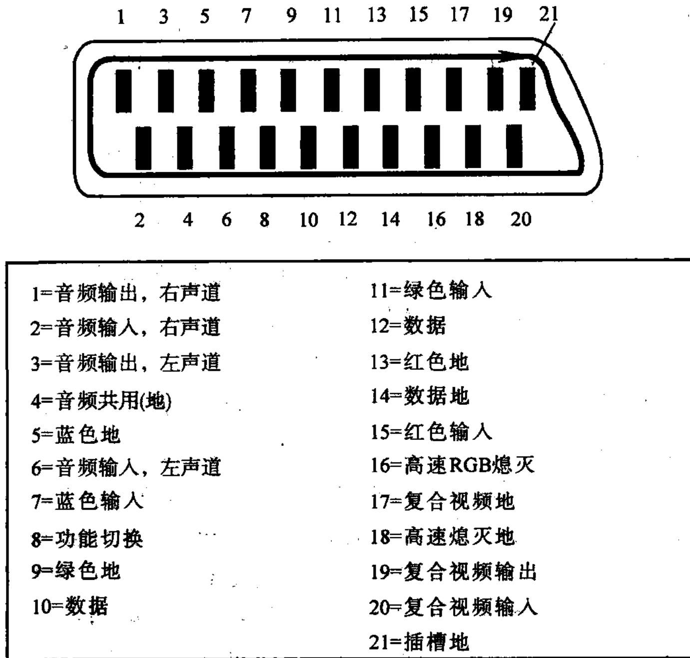
夹钳、线切割器、锤子等将法兰做平，并不会降低阻抗和鲁棒性。但在采用这种方法的实践之中，估计安装人员可能会遇到问题，例如间歇的信号损失、重影、对比度差、噪声图像和遥测数据的损失等。缠绕类型的 BNC 连接器装配非常快速和简单，不需要特殊工具，但必须仔细地确认屏蔽层已紧紧地压在金属体上。如果不是这样，那么会有很高的阻抗，如果高阻抗不立刻出现，那么一些时间之后就会出现（如果铜屏蔽层暴露到潮湿或腐蚀性的空气中的话）。焊接类型的 BNC 连接器可实现非常强固的低阻抗连接，但安装起来可能是非常脏乱的，而且工程师也不期望在实际现场完成这样的操作，特别是在室外工作，在 -30℃的暴风雪中时更是如此！

正如其名字所表明的，phono 连接器最初的目标不是用于视频线缆的，而是用于留声机（录音播放器）和组合收音机（高保真音响系统）之间进行连接的。但是，一些设备将 phono 插槽用于输入/输出连接，原因是这样可以降低成本。在这种情形中，安装人员没有选择，只有将一个 phono 插头安装到同轴线缆（这是非常困难的），或安装一个 BNC 到 phono 的适配器（这引入另外的触点），因此增加了信号衰减。说到这点，如这些插槽用在一台监视器或 VCR 的情形中，在设备部件之间连接引脚将是惟一的短距离互连线缆的可能性较大，一般而言，在这种情形中使用简单屏蔽线缆的现成 phono-phono 引脚将可令人满意地实现连接。

SCART 连接器最初是为室内 TV 和视频设备设计的。在 20 世纪 80 年代中，人们清晰地认识到，未来的电视接收机将必须能够接收一个以上的输入源。而且，当设备（例如 VCR）能够发送一个更清晰的复合视频信号时，采用 UHF RF 耦合是荒谬的。因此许多领先的制造商一起协同工作，开发了一种多管脚连接器，这可以方便 VCR、卫星接收机、立体音频以及 RGB 输入和输出的连接，所有这些都在包含于一个多芯线缆内部的独立屏蔽线缆上。正如人们能够想象到的，最初存在许多变化，但幸运的是，最终还是达成了一个国际标准。人们从来没有打算将 SCART 连接器用于产业应用，尽管如此，在一些 VCR 和监视器中还是发现应用了 SCART 连接器。SCART 连接器的指定管脚连接如图 2-30 所示。

另一种常见的连接器类型是专门为 S-VHS 应用开发的 4 针微型 Din（见图 5-14），我们将在第 5 章更详细讨论。

当装配同轴连接器时，必须仔细安装确保屏蔽层和线芯之间不短路。在两个导体间如果有一根导线连通（短路）就会导致信号损失。仔细并准确地剥离外部和内部的绝缘体，这是避免短路的关键。专门为 RG-59 线缆设计的线剥离器可使这项任务变得更快、更可靠。



1=音频输出，右声道	11=绿色输入
2=音频输入，右声道	12=数据
3=音频输出，左声道	13=红色地
4=音频共用(地)	14=数据地
5=蓝色地	15=红色输入
6=音频输入，左声道	16=高速RGB熄灭
7=蓝色输入	17=复合视频地
8=功能切换	18=高速熄灭地
9=绿色地	19=复合视频输出
10=数据	20=复合视频输入
	21=插槽地

图2-30 SCART连接器配置

2.14 线缆测试设备

测试同轴线缆最简单的方法也许是使用万用表，当线缆两端开路时，测试线芯和屏蔽层之间为开路；当一端终结时，测试的阻抗是75Ω。但是，这仅告诉我们线缆中无短路或开路——它不能告诉我们信号（图像）质量如何，以及如果存在一个故障的话，故障出在哪里。

测试信号质量能力的一种方法是，沿线缆传送一个特定测试信号，并在另一侧测量信号。测试信号可能是从一个视频信号发生器发出的同步脉冲以及黑白测试条图案。或者可使用一个“脉冲和条”（图案）发生器。这台设备生成连续的黑色、白色和灰色图案，而没有任何同步脉冲或垂直黑屏周期。由于它产生的是方波，这对于信号分析是理想的——记住一个方波是由无穷数量的奇次谐波组成的，所以如果线缆引入任何高频衰减，则脉冲看起来具有圆形边角（参见图2-2所示的滤波作用）。线缆输出端的测量设备（监视波形）是一台示波器。（欲了解为了观察一个视频信号如何设置一台示波器，见本书第13章）。

当脉冲条形图测试表明一条线缆引入了高频衰减，则工程师必须确定采取何种措施应对。如果线缆布线仅有数十米长，则没有理由会发生衰减，则怀疑是线

缆本身的问题（即它在安装过程中损坏了）。不管哪种情况，都必须替换线缆。如果线缆长度有数百米，那么明显的是，应该安装某种校正设备，例如，一个发射放大器。如已经安装了这些设备，可使用脉冲条形图发生器来检查信号是否正确。在许多情形中，有必要调节发射发生器响应以获得一个正确的波形，不仅圆形边角会是一个问题——在一些情形中，存在过度的高频增益，而且波形上会有尖峰（称为过冲）。

示波器的主要问题是“无论到哪儿，只要携带这台设备，人们觉得都是非常笨重的”，虽然已经有一些手持示波器设备（LCD显示导致它们的价格比较昂贵），但即使是一家较大型公司要为每名工程师配备一台也是难以负担的。但是，实际上并不总是需要看到视频信号——工程师可能仅希望知道存在信号，且信号幅度正确。为了提供这个信息可以不需要装备一台示波器，在市场上有许多种视频信号强度指示器。一个典型范例如图2-31所示，其中一台信号发生器连接到被测试线缆的一端，配备LED显示的一台强度表连接到另一端。另外，强度表可换为一台监视器，就能看到黑白条显示。虽然采用这种方法工程师不会知道幅度是否正确，但仍然可以解决一些问题。



图2-31　一台典型的手持测试仪表，用于测试同轴电缆、检查视频信号电平、验证摄像机输出等（获得ACT Meters Ltd允许）

用于同轴线缆的另一项测试设备是时域反射计（TDR）。这利用了同轴电缆的反射波特性，情况如下：当线缆不正确地终结或根本没有终结时，就发生反射波。将线缆两端断开，将TDR连接到一端。当打开TDR时，该设备发送连续的

短时长和长时长脉冲，这些脉冲沿线缆穿行，直到它们到达未终结端，在那里脉冲沿线缆反射回来，并被 TDR 中的一个接收电路检取。因为信号沿一条同轴电缆穿行的速度是已知的（大约为 200Mm/s），通过分析一个脉冲自发送到返回的用时，TDR 就能计算线缆长度。

TDR 主要用于检测一条线缆中一个故障的位置，对于大楼中安装的长达数百米的一条线缆，从你的万用表中所能知道的惟一一件事情就是沿线缆的“某个地方”存在一个短路或开路，这样的位置数据是非常有用的一个参数。一旦脉冲到达线缆中的故障处，脉冲就会反射，TDR 计算到故障的距离，通常在一个数字显示器上表明这个值（见图 2-32）。TDR 是异常准确的，甚至在数百米的距离上，它的准确度能够在 2m 之内。

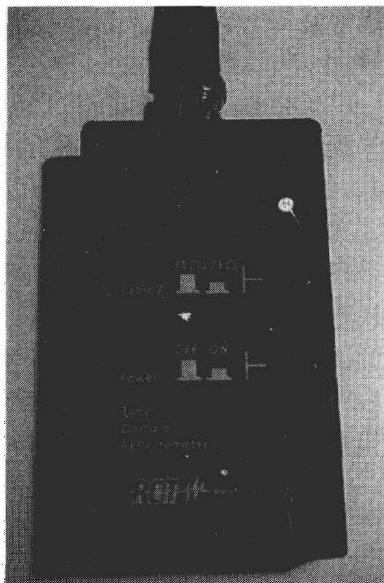


图 2-32 对于安装和维修工程师等人员，时域反射计是非常有用的测试设备（获得 ACT Meters Ltd 允许）

除了检测线缆故障之外，如要确定在一个线缆滚轴上剩下的线缆长度，TDR 也是非常有用的，这就不需要将所有线缆放出并测量线缆来得到剩下的线缆长度。TDR 也能表明在线缆中一个过度弯曲的位置（该弯曲会削弱线缆的性能）。

对于光纤，有一种商用（可购买到）的光学 TDR，像同轴 TDR 一样，对于经常处理光纤的任何人而言，该设备都是维修工具箱中要必备的。虽然这台光学设备多少有点贵，但通过在时间和材料方面的节省，人们可非常迅速地将其成本赚回来。

第3章　光和照明

在一个 CCTV 系统中绝大多数设备都在以这样那样的形式处理电子图像，但镜头的任务是进行光的处理，其中光是从目标表面反射的。这项功能的重要性无论怎么强调都是不为过的，因为如果镜头不能在检取摄像机上聚焦成一个真实图像，那么系统的其他部分将没有机会产生可靠（真实）的和有用的图像。但在讨论镜头的工作原理之前，我们需要弄清楚镜头所处理的量（光）的本质，所以在本章我们将讨论光和照明的内容，这些是与 CCTV 系统的设计和运行有关的。

迄今为止，即使世界顶级物理学家们也仍然不能完全清楚光的真实本质。但是，一般而言，他们都认为光是由称为光子的微小粒子组成的。但这种光子能量本质上是电磁性的——正像无线电波一样——且也正是这样按照正弦波方式传播的，因此具有一个频率和波长（频率越高，波长越短）。光波的频率确定颜色。

可见光以及红外线和紫外线波段的光谱分布如图 3-1 所示。由此可见，人眼对 700nm（纳米）左右波长处光能量的频率做出反应，这对应于红光区域；并在 350nm 左右的紫光区域失去反应。但是，我们必须记住的是，摄像机检取设备具有更宽的频率响应，特别在红外线区域尤其如此，使之在对我们而言完全黑暗之处都会产生一幅图像。

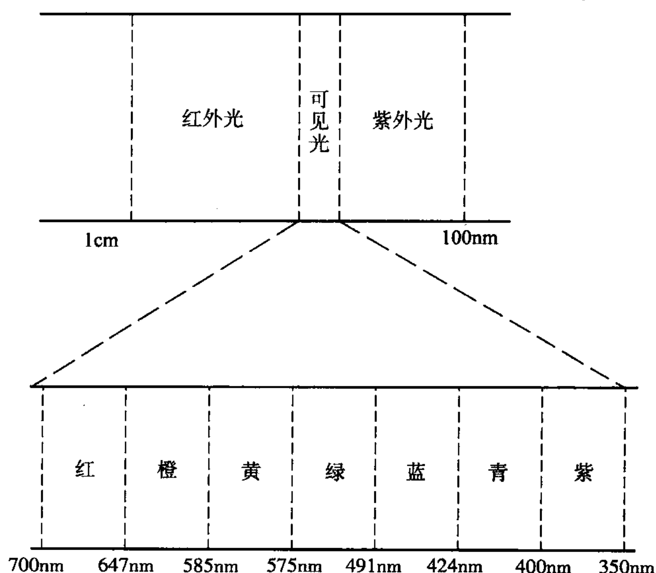


图 3-1　光的频谱分布（附有相关的波长）

3.1 光和人眼

眼睛对光做出反应，将进入眼中的电磁辐射转换为微小的电子信号，该信号发送到大脑。大脑将这些信号转换为一幅图像。

眼睛包含4组细胞[㊀]：一组细胞具有柱状结构，称为视杆细胞（杆状细胞）；其他三组是锥形的，称为视锥细胞（锥状细胞）。这些视锥细胞对光的不同频率是敏感的，正是这些细胞使眼睛能够在颜色之间做出区分。

第一组视锥细胞对一个范围的频率做出响应，该频率对应于600～700nm量级上的波长。当从这些视锥细胞接收到信号时，大脑就知道它看到了红光。第二组视锥细胞对500～600nm左右的波长做出反应，即对绿光做出反应，第三组视锥细胞对400～500nm的蓝光做出反应。

眼睛并不等同地对所有频率做出反应，同样对所有人而言反应也是不相同的。如图3-2所示，良好的眼睛对550nm左右的波长会做出最优反应——即，对绿光做出最优反应。

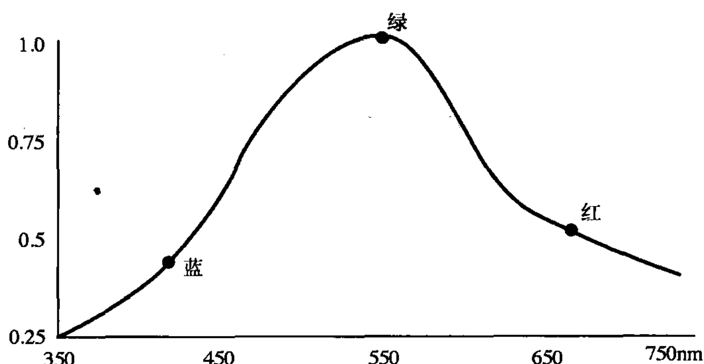


图3-2 眼睛对不同波长光的反应

我们所感知到的白光实际上是同时从一个源发出的红光、绿光和蓝光。红、绿和蓝是众所周知的基色，在可见光光谱中的所有颜色都是由这些基色组合产生的。混合任意两种基色就会产生一种合成色，这些合成色分别是黄色、洋红和青绿色。这个过程，称为加性混合，如图3-3所示。

在日常语言中，我们使用术语“颜色”来进行区分，例如红色和蓝色。但在实践中，这个术语实际上包含描述颜色的两个方面：色调和饱和度。色调描述

㊀ 这4组细胞是指感光细胞，人眼细胞不止这4组。

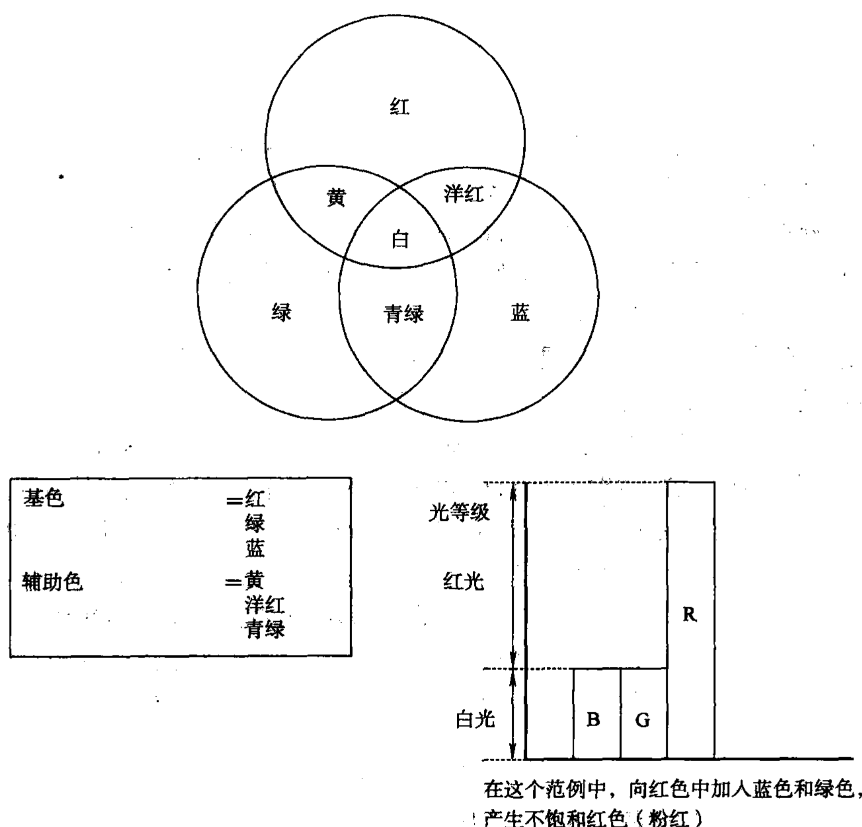


图3-3 加性混合的原理

光（即红、蓝等）的频率。饱和度描述颜色的色饱和度或强度。例如，不饱和的红色是粉色的准确表述，因为它将色调确定为红色，但因为加入了少量的绿色和蓝色，就存在一定成分的白色，使之不饱和。

视杆细胞不能感知频率（因此不能感知颜色）。这些细胞可看作宽带接收器，它们对整个可见光频率做出反应，因此测量的是进入辐射总量的强度。它们确定场景是非常亮或非常暗的，还是位于两者之间的。如果眼睛仅包含视杆细胞，则我们看任何事物都是黑白的。

总之，视杆细胞能确定一幅图像的黑白成分，视锥细胞能确定颜色成分。大脑不停地处理来自4组细胞的信息，确定图像的亮度、色度和饱和度。

在一个CCTV系统中，摄像机执行人眼的功能，将进入的光信号转换为红、绿和蓝色电子信号。在系统的另一端，监视器（或其他类型的显示设备）必须提取这些信号，并将它们转换回到红光、绿光和蓝光输出。

3.2 光的测量

事实上，这是一门复杂的科学，但对于CCTV工程师而言，没有必要深入理解这个专题。但是，重要的是，要对光测量所用量和单位具有基本理解（因为这些内容频繁地在系统和制造商指标中被引用）。最常遇到的光单位是勒克斯（lx），下面让我们看看这个单位是如何推导的，在这个过程中，我们也将定义工程师们常遇到的一些其他单位。

从眼睛的角度而言（也就是CCTV摄像机），存在两种光源：主光源（例如灯、显示设备等）和次级光源（反射光的表面或物体）。

从一个主光源放射出的光称为发光强度，单位是坎德拉[⊖]（Candela，cd）。它是指从一个黑体在所有方向放射出的光能的大小，其中黑体温度为铂金属的凝固温度。

流明（lm）是光通量的一个度量，它是在固定角度的一个弧度范围的区域内包含的光。1lm等于在给定区域内1cd的发光强度。简单地说，1lm可以想象为在给定区域内的1cd的光！因为随着光逐渐远离光源，光就会不断地发散，当从离开光源的不同点测量时，强度将降低。发散光是以等于远离光源距离的平方级数量减少的。因此，我们可以认为

$$\text{场照度} = \frac{\text{光输出}}{\text{距离}^2}$$

这种效果，称为反平方率，如图3-4所示。

当1lm的光投射到$1m^2$的区域上时，表面强度将是1lx[⊖]（见图3-5）。

表面发光强度的另一个度量是英尺-烛光（或ft-cd）。这个单位，常用于美国，是以与lx相同的方式推导的；但是，使用的是英制单位而不是公制单位。lx和ft-cd之间的转换不难，因为3ft约为1m，因此作为一项经验规则，我们可以认为1ft-cd = 1lx/10，或相反地，1lx = 10ft-cd。

照度是指来自于一个次级表面或物体的光能，测量单位是lx或ft-cd。覆盖或组成一个表面的材料将确定从那个表面发射（反射）的光能，所以即使主光源具有很高的发光强度，如果一个表面的反射质量不好，则照度等级也将降低。作为一个典型范例，一个白色投影屏幕将反射90%的入射光，其自身将可作为区域内照射其他物体的光源。但是，一件褐色外套仅反射入射光的5%，导致照度降低。

因此，我们可以看出照度等级取决于光源照明和表面区域的反射性质。作为参考，图3-6所示为一些典型的照度等级。

⊖ 1坎德拉是指在1标准大气压下，处于铂的凝固温度下的黑体1/600000平方米表面在垂直方向的发光强度。

⊖ lx照度单位法定符号，英文为lux，中文为勒克司。1lx等于距离光强为1cd的光源，1米处的光照强度。

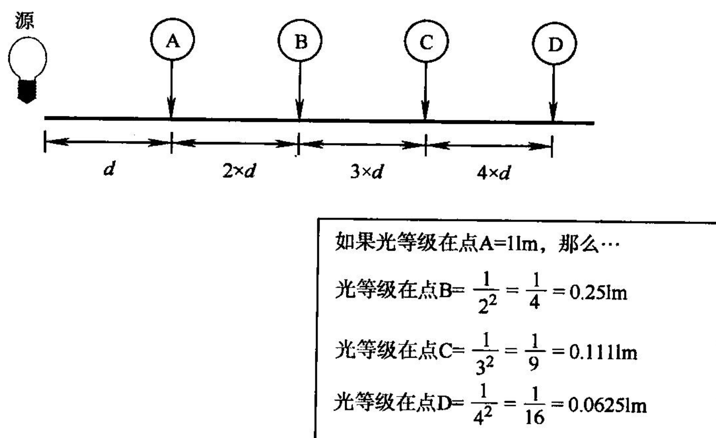


图 3-4　光照度是以等于（反比于）到光源距离的平方的量级减少的

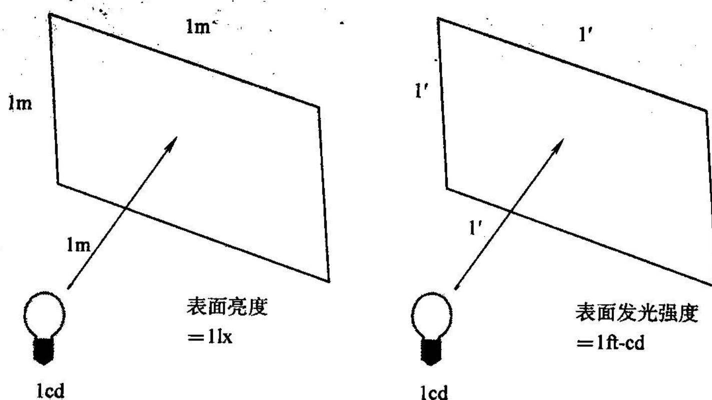


图 3-5　lx 和 ft-cd 的定义

近似地，我们可以认为 1lx = 10ft-cd

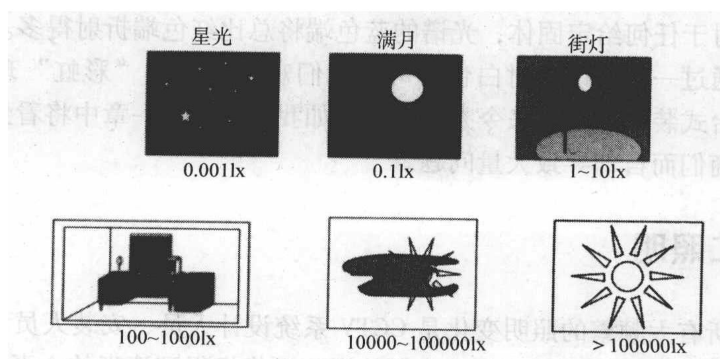
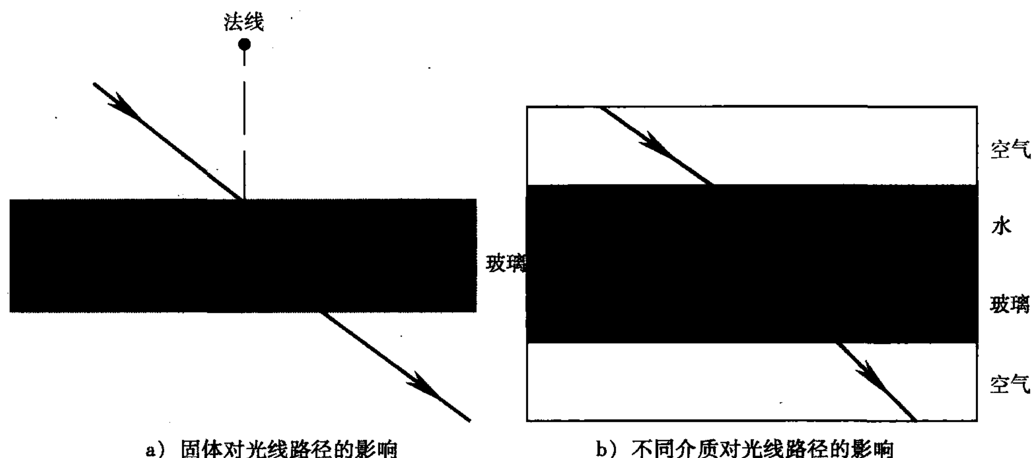


图 3-6　在 CCTV 安装中遇到的光照条件（场合）的典型照度等级

3.3 光的特征

就我们目前所知，光在真空中是以直线方式传播的。光在一种介质中也是以直线方式传播的，穿行速度依据介质密度而有所不同。例如，当光线从空气传入到一种固体（例如玻璃）时，速率的改变导致光线弯曲；当光线从玻璃再次出现进入到空气时，其速率增加，导致光线折回其入射的初始角度，这种效应，称为折射，如图3-7所示。



a）固体对光线路径的影响　　b）不同介质对光线路径的影响

图3-7　光的折射

光线的折射程度取决于速率的变化，这是由固体的密度决定的。每种固体都有其自身的折射率，是将真空中光的速率除以光在此固体中的速率得到的。空气和透明气体的折射率可看作为1。

但是，并不仅有折射率决定折射角度，光线的频率（即颜色）也有关系。实验表明，对于任何给定固体，光谱的蓝色端将总比红色端折射得多。这就是为什么当我们通过一个棱镜投射白色光时，我们观察到一种“彩虹”现象。虽然这种现象使台式装饰品看起来令人惊奇，但如我们将在下一章中将看到的，这对于透镜制造商们而言却导致大量问题。

3.4 人工照明

环境中所有太频繁的照明变化是CCTV系统设计人员、安装人员和终端用户都没有能力控制的一个因素。为了确保从视频摄像机得到清晰的、真实的彩色图像，应该以高等级的均匀分布的白光照亮监视场景。为了说明这点，设想如下场

景：一家电视生产公司打算拍摄一条街中的一个场景。除了摄影工作人员、音响工程师、制片人、电工、演员、餐车（catering van）等之外，也会有一名专业的照明工作人员。为了确保高质量图像没有任何阴影，他将竖起许多照明和反射面（因为这是必要的）。现在工作人员已经走开，所剩下的就是一台 CCTV 摄像机拍摄相同的街道，其拥有人期望它在所有的天气和照明条件下，其图像质量与夜晚在钠灯人工照明条件下的图像质量相同。在没有照明工作人员的情况下，这台摄像机就没有机会满足这样的期望！

记住，可见白光实际上由三种基色——红、绿和蓝组成，所以再现真实色彩的惟一方式（使用当前技术）是使用白光照射视频摄像机或照相机的主摄录区域。这一点如图 3-8所示，其中为了清晰地进行这项说明，我们将假定人的夹克是纯蓝的。夹克的颜色性质是使红光和绿光的能量被吸收，仅有蓝光的能量从表面反射。因此眼睛（从而大脑）在那部分的图像中仅辨别出蓝光。现在考虑如果以纯红光照亮相同的图像。所有光都将被吸收，所以眼睛将夹克看作是黑色的。就 CCTV 安装而言，这引导我们达到一个非常重要的论点：仅当区域被白光照亮时，彩色摄像机才是有效的。当采用红外（IR）照明时，是不可安装一台彩色摄像机的。但是，我们将在本书第 6 章看到，当天黑时或存在 IR 照明时，有一些彩色摄像机将可自动地切换到黑白工作模式。

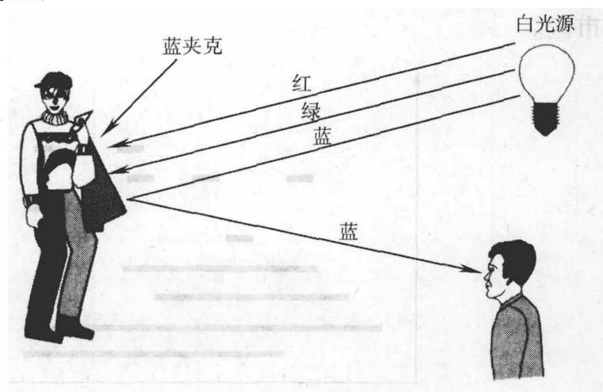


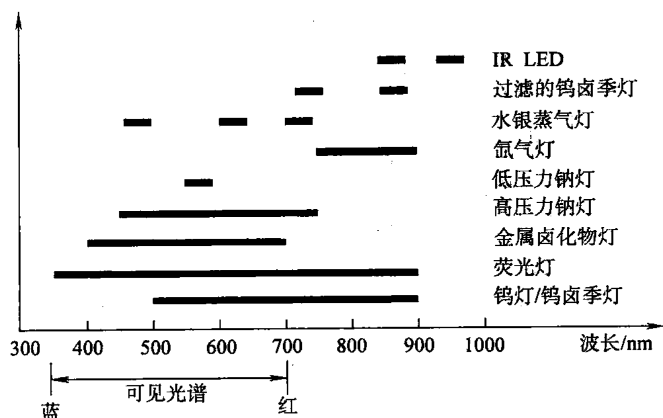
图 3-8　蓝色夹克吸收红色和绿色，仅反射蓝色

“白色”光源有很多种，但其中多数不是真正的白色。尽管如此，许多这样的光源用于 CCTV 设备时，将提供足够的照明。光源产生的光的类型，是由颜色温度（色温）决定的，这是对光波长的科学度量，并将其大小用开尔文（Kelvin）表述。例如，从一个荧光灯管发出的光已知大约相当于阴天时的光，原因是在两种情形中，它们的色温都在 6000 ~ 6500K 左右。

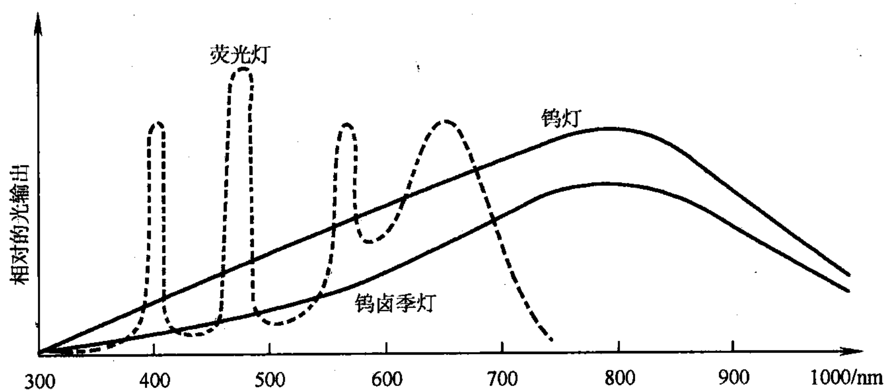
许多常见人造照明光源的光谱输出范围如图 3-9 所示。图 3-9a 所示为许多光源的总的光输出；但是，图 3-9b 所示为其中某些光源更明细的用途说明。记住，黑白单色摄像机对 IR 反应良好（除非它们在制造时配备了 IR 滤光器），那么我们可看出，对于黑白单色 CCTV 安装而言，几乎任意常见人造光源都能提供足够的照明。但是，对于彩色工况（设备）而言，我们必须更妥善地选择。

作为一般规则，彩色摄像机在钨或钨卤（素）照明下工作良好。虽然

图3-9a所示高压钠灯照明会提供可见光谱的合适光谱覆盖，但在实际中，这种照明主要产生黄色照明，仅有少量的蓝色和红色光。荧光照明在可见光谱上产生一定程度上不规则的输出，但多数摄像机在这些照明条件下能非常良好地工作，只要荧光管不工作在50Hz（60Hz）主（电源）干线频率上就行，因为它会在图像上产生一种不期望的闪光效应。注意低压钠灯光谱响应非常窄。这些光源主要产生一种黄色/桔色光，不适合彩色和黑白单色摄像机；但是，直到最近些年来，英国一直在使用这种类型的照明作为街道照明的主要形式，而且多数仍然是用在市区。



a）人工照明常见光源的光谱输出范围



b）常见人工照明设备的典型光谱响应

图3-9 常用人工照明设备光谱

与气体放电灯（即低压和高压钠灯）相关的另一个问题是从它们开始点亮之后到它们的实现最优光输出所用的时间问题。从点亮到最大光输出的时间可能是数分钟，而且，如果将它们关掉到它们完全冷却之间的这段时间内再次点亮是不安全的，冷却也要用数分钟。由于这个原因，对于要求开关安全照明的场合，

这些类型的照明是不适合的。另一方面，虽然钨卤灯几乎立刻可达到它们的最优光输出，但在频繁开关的场合，一般会发现，由于灯丝的局限，其寿命相对较短。

红外照明器件常常是在前端安装一个带滤光器的钨卤灯。常用的类型有两种：一种产生730nm左右波长的照明；另一种具有更长的波长，在830～860nm的量级。730nm器件倾向于产生少量可见红光，从而使它们对裸眼是可见的——虽然它们所照明的区域看起来是暗的。这些器件对于如下场合是理想的，其中不期望使用白光（也许因为本地居民不希望他们的卧室被照得像个舞台!），但这里公开的CCTV作为（犯罪的）威慑物而使用的。在要求CCTV系统要隐蔽时，采用830nm范围的IR灯将产生覆盖区域的高红外照明（这样的灯光对眼睛是不可见的）。

因为IR灯经常安置于不容易接触到的地方，灯的可靠性问题就变得更加突出。由于这个原因，LED（发光二极管）IR灯（由一组红外LED组成）正变得日渐流行，多用于高达100W左右的应用之中。其设计思路如图3-10所示。一般而言，这些灯是用于公开场合的，工作在850～880nm或950nm左右。

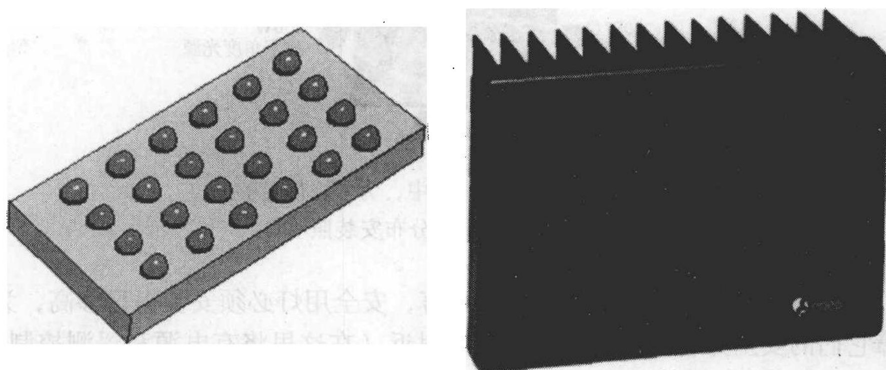


图3-10　LED阵列的原理

图片显示了一个典型的灯器件。注意热汇在灯的尾部形成翼片，提供常规冷却

当我们提到CCTV照明的发光强度时，常见的情况是我们仅关心太暗的区域。但是，太多的照明也可能造成问题。正如人眼不能很好地处理过亮的光一样，一台CCTV摄像机也不能很好地处理这样的光。考虑这样的情况，如为了覆盖一个大型停车区域，要求系统具备一台全功能的摄像机（即，安装于云台单元之上且操作员完全可以控制的一台摄像机）和人造灯。为了操作员能够分辨区域中任何地方的活动，完全有必要安装两个500W泛光灯——白色的或红外的。但是，当摄像机倾斜向下近距离地拍摄一个目标时，将会出现问题，因为目

标将看起来是完全过度曝光的。这个问题可这样克服，操作员有一种以上的灯可用，每种灯都是独立开关的。例如，在停车场的情形中，当观察整个区域时，可使用一个高瓦数的泛光灯，当摄像机用于监视附近的区域时，就能够切换打开一个低瓦数的射灯。

一般而言，存在三种类型可用的安全灯：泛光灯、广角灯或射灯（见图3-11）。分布类型的选择是重要的。一盏500W泛光灯将覆盖一个宽广区域，但在区域的任何特定部分，它不能提供足够的照明。在另一种极端情形中，一盏500W射灯将使大片区域没有足够照明，而可能在目标区域造成过度曝光。从这点，我们应该意识到，当为CCTV安装照明光源时，应该考虑到如下因素：被覆盖的区域，要求的照明强度，照明的类型——即白色或红外、公开的或隐蔽的。

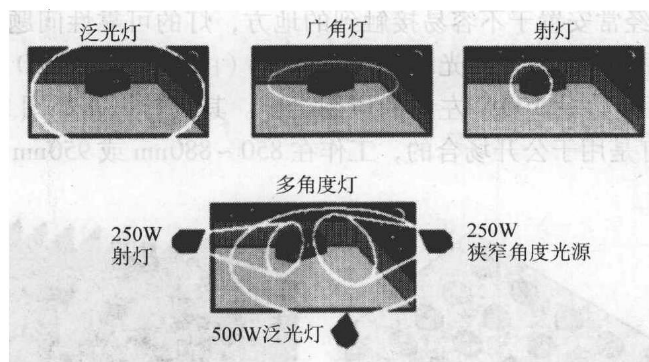


图3-11 在一些情形中，为了提供足够的照明，要求混合分布安装照明灯

也应该考虑到照明的角度。一般而言，安全用灯必须安装得足够高，为的是保障它们的安全并将之放置在摄像机的附近（在这里将有电源和遥测控制）。但是，如果仅有的光源来自于上面，那么就会使人的面部特征丢失，原因是围绕眼睛和嘴巴会有严重阴影效果。例如，由鼻子投射的阴影极可能被误作胡须。同样，要注意用来照亮一些路径和小路的低等级的地照光源（downlighting）。虽然照明的等级是足够满足CCTV摄像机需要的，但这种类型的照明倾向于仅提供腰部以下的照明，因此在拍照中要识别人脸是不可能的。

我们已经知道，光照度的单位是lx。用于进行这方面测量的仪器是光照度仪，或勒克司计。从CCTV摄像机安装的角度而言，如果感觉有必要测量一个区域中的光照度的等级的场合，最实际的测量点是在摄像机镜头处进行测量，因为这将给出从次级表面和物体进入镜头反射光实际光能的指示读数（见图3-12）。当使用一台光照度计时，注意随着暴露在光下（时间的推移），光传感器（的检

测指标）会恶化。制造商们为传感器提供一个黑色盖子，为的是确保准确的读数并保持仪表的寿命，这个盖子仅在读数时才去掉。



图3-12　当使用一台光照度仪时，在摄像机位置的记录读数

第4章 镜　　头

CCTV 系统的性能极度依赖于摄像机镜头的质量和类型。当安装人员在最初调查过程中没有采用合适的镜头时，系统的图像性能将会很差。这里所说的“合适的镜头”并不简单地意味着能提供合适的视窗区域的镜头（虽然这是一个重要的因素）。镜头质量、制式尺寸（format size）和光谱响应都是与镜头性能（因此涉及到图像质量）相关的重要因素。例如，当估计系统将在人工红外照明帮助下的黑暗场景中工作时，安装带有红外滤光器的镜头就是不可行的！大家都知道这样做的结果。

在本章，我们首先开始说明光学镜头的操作原理，再继续讨论 CCTV 产业所采用的镜头。

4.1 镜头理论

光学镜头是利用了光的折射效应的一种器件。有两种类型的镜头：凸透镜和凹透镜。

一个简单的凸透镜如图 4-1a 所示。进入镜头的光线被折射，但因为镜头表面是弯曲的，光线在镜头上每个点出射的角度就是不同的。如果镜头是精确磨光的，那么所有的光线将在镜头后面某处的单个点汇聚，这个点称为焦点。

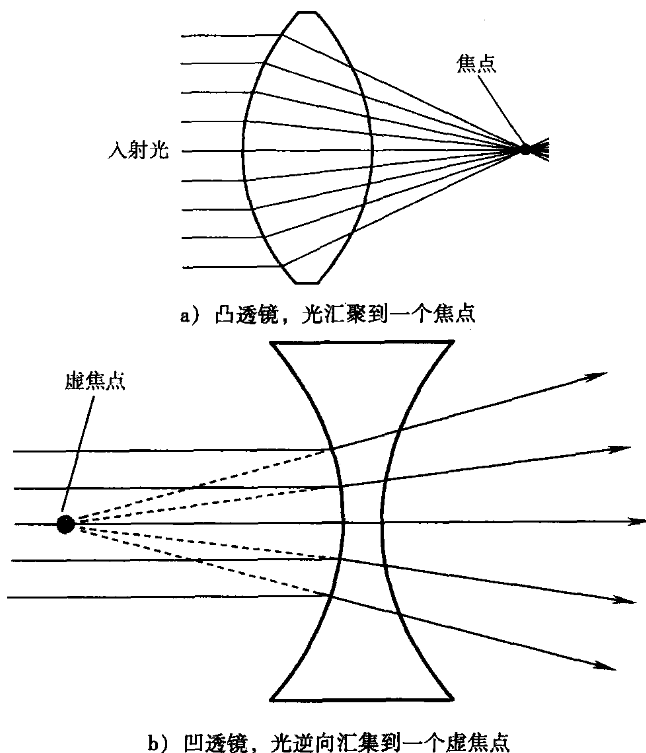
凹透镜如图 4-1b 所示。这称作发散镜头，因为光线被向外折射。在这种情形中，认为焦点位于镜头进入侧的一个点，看起来光好像是从那里发出的。

简单镜头遇到的一个问题是色（像）差。可见光谱的不同颜色具有不同的折射率，所以对于图 4-1a 中的镜头而言，光谱的红光端不会像蓝光端那样向内弯曲得那么大。这意味着，存在许多焦点，即在光谱中的每个波长都有一个焦点，从而导致一幅图像看起来有许多彩色光环围绕着它。实际上，镜头的作用更像一个棱镜。色差问题能够通过使用一个由一系列汇聚和发散透镜组成的镜头组装器件加以克服，其中每个透镜由具有不同折射率的玻璃制成。

如果玻璃是高反射的，则镜头的效率就会降低，原因是相当量的光直接从前端面反射离去。因为镜头已经涂敷一种滤光材料，为的是降低这种效应，所以镜头经常带点蓝色调。

再看一下图 4-1a，我们能够看到凸透镜的另一个重要特征。因为光路径在

焦点处交叉通过，所以图像是反的。当然，如果光通过另一个凸透镜，就会抵消这个反像效应。



a）凸透镜，光汇聚到一个焦点

b）凹透镜，光逆向汇集到一个虚焦点

图4-1 凸透镜与凹透镜

实际的镜头组件由一个以上的光学透镜组成，这意味着当光通过时，光路径会交叉许多次，如图4-2所示。

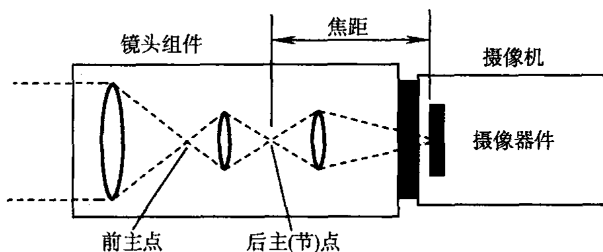


图4-2 通过一个镜头组件的光路径

仅当在组件内部的所有透镜都位于相互的合适距离时，图像才将出现在检取器件上合适焦点处。后面我们将看到，一些镜头制成为可调节的，为的是提供缩放效果；但是，这意味着焦点必须是可重新调节的，这是通过使用称为聚焦环（focus ring）的调节装置移动镜头组件的位置来完成的。

4.2 镜头参数

前面已经了解了镜头的基本工作原理，现在我们就可以进行更详细的论述。对于期望有效地确定和/或安装 CCTV 系统的任何人而言，必须很好地了解镜头制式（lens format）、焦距、视角、视场（field of view）、孔径、F 数和景深等术语含义及其原理。

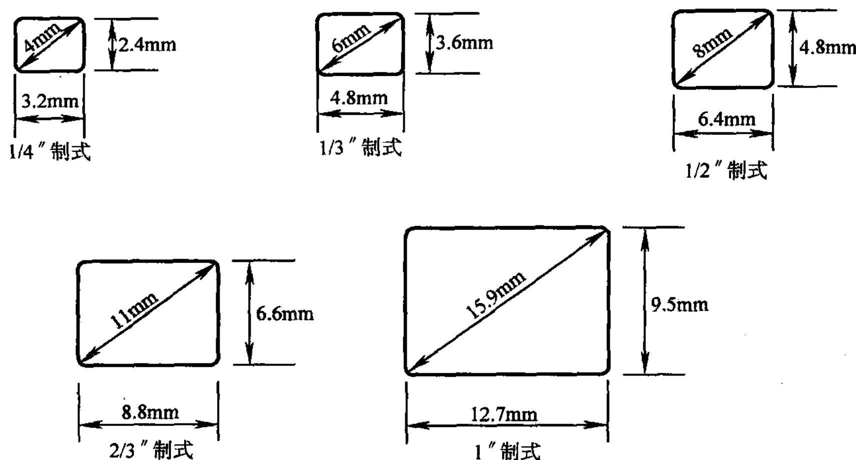
下面让我们从镜头制式开始说起。这是与摄像机制式直接相关的，指任何特定摄像机采用的检取器件的尺寸。检取器件有各种制式（尺寸）。CCTV 摄像机最初采用真空管检取器件，常用的是 1″管，它的性价比较好。但是，真空管早已经被电荷耦合器件（CCD）替换了。我们将在本书第 6 章中讨论 CCD。

当产生相同分辨率的图像时，CCD 与相应的真空管的检取尺寸不同，这就是为什么 1/4″、1/3″、1/2″和 2/3″制式摄像机在 CCTV 产业常见的原因。CCD 芯片技术的快速发展导致芯片更小、分辨率更高，使 1/3″和 1/2″制式摄像机大量用于日常应用。1/4″ CCD 芯片应用非常普遍，但（在本书撰写之时）采用这种芯片的摄像机一般要求一定的光照等级，且仅能产生较低分辨率彩色图像。随着 CCD 芯片成本的持续下降，2/3″制式摄像机正变得日渐流行；但是，相对较小的摄像机仍然是比较昂贵的，且它们倾向应用于高安全类的 CCTV 系统、高速交通流量监视或城镇中心监视系统。1″制式 CCD 能提供非常高的分辨率和卓越的低光等级性能，但成本非常高。

在图 4-3 中给出 5 种制式，还有相应的水平和垂直芯片尺寸。芯片尺寸遵循产业标准比（图像纵横比）4:3，对于所有检取器件而言，这些水平和垂直尺寸是标准的。为了防止镜头制式和焦距数字之间的混淆，使用英制单位表示摄像机镜头制式。例如，将一个镜头称为 1/2″ 12mm 镜头而不是称 12mm 12mm 镜头，这样是不太容易混淆的，虽然这些数字表示的含义都是相同的。

重要的是指出，CCD 器件的实际维度大小是小于制式尺寸的。以 1/2″制式 CCD 为例，你也许估计对角线尺寸为 1/2″（12.5mm）；但是，它仅有 8mm。相同的规则适用于其他三种成像器件；它们的对角线维度尺寸都小于它们引用的制式尺寸。这样做的原因是，图像外边缘处不能使用来自镜头的光输出（因为这里是最大光偏差发生之处）。镜头和摄像机之间的关系如图 4-4 所示。

现在让我们看看当镜头/摄像机制式匹配不合适时发生的问题。在图 4-5a 中，镜头制式小于摄像机制式，所以图像没有充满显示（区域）。当在一台监视器上观看时，看起来就像我们通过一个舷窗在看一样！在图 4-5b 中，镜头制式大于摄像机制式，所以在这种情形中，图像充满监视器屏；但是，不是镜头产生的所有图像都被使用了（即有用）的。这未必是件坏事，因为仅使用镜头的中



制式		高度/mm	宽度/mm
英制/in	米制/mm		
1/4″	4	2.4	3.2
1/3″	6	3.6	4.8
1/2″	8	4.8	6.4
2/3″	11	6.6	8.8
1″	15.9	9.5	12.7

图4-3 每种CCD芯片制式摄像（imager）尺寸的维度大小

心区域，光学偏差最小。但是，操作人员必须能够观看在运行要求中指定的区域。

接下来讨论焦距，再看一下图4-2，我们看到焦距是从后主点（secondary principal point）到末端焦点(final focal point)的距离，单位为mm。后主（节，nodal）点是光路径在组件中最后一次交叉处，摄像机检取器件位于焦点处。焦距非常短的小型、广角镜头，是不可能安装到摄像机的，原因是镜头后部组件将压靠到检取器件。在这些情形中，安装额外的光学器件补偿这点就是必要的，它将末端焦点从后部镜头组件移开，而不改变镜头的实际焦距。

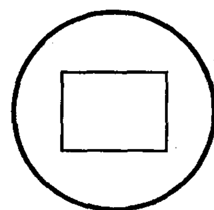


图4-4 当与1/2″直径的圆相比较时，一种1/2″制式CCD的比例尺寸，说明了镜头和摄像机制式之间的关系

焦距对镜头的性能具有相当的影响。改变焦距的效

果，即将节（nodal）点移动，如图4-6所示，就可以看到视角改变了。

但节点移动不仅改变了视角，也影响了放大倍数（M）。视力正常的人眼都具有几乎相同的视角（大约为30°）和相同的放大倍数。放大倍数 $M=1$，可以说明，安装8mm镜头的一个1/3″制式CCTV摄像机的放大倍数大约为1，因此能产生接近于人眼感知的图像。表4-1列出具有放大倍数 $M=1$ 的其他镜头制式的焦距。

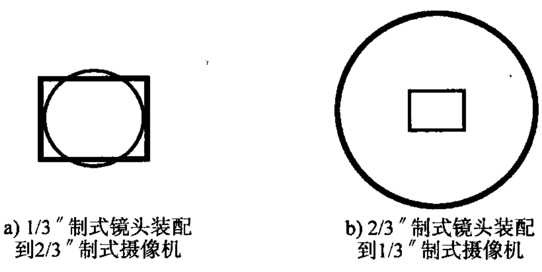


图4-5 混合镜头和摄像机制式的两个范例（按比例画出）

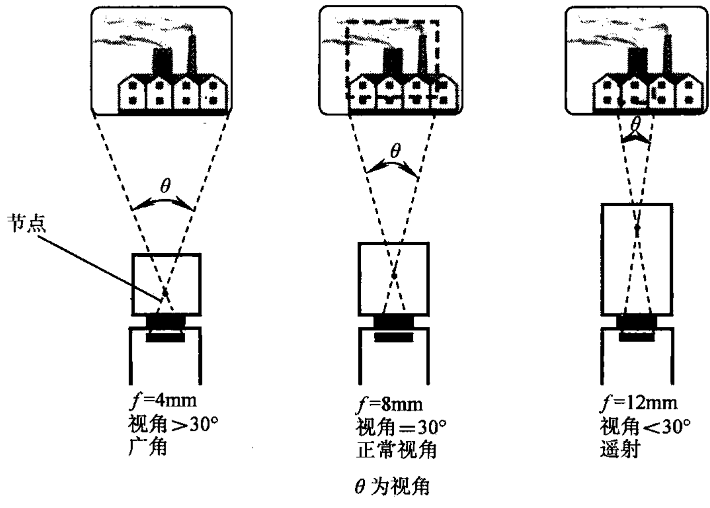


图4-6 焦距对视角的影响

表4-1 镜头尺寸具有放大倍数 $M=1$（在每种情形中，视角大约为30°）

制式尺寸	1″	2/3″	1/2″	1/3″	1/4″
焦距	25mm	16mm	12mm	8mm	6mm

增加放大倍数就增加物体的视在尺寸（apparent size）。具有长焦距的镜头称作摄远镜头，因为它们具有窄的视角，但远处的物体看起来比用裸眼观看要大得多。能产生大于30°视角聚焦镜头称为广角镜头，因为它们比眼睛覆盖更广的区域；但是，放大倍数要小。

可以证明，一个镜头的放大倍数由下式确定：

$$M=\frac{焦距}{制式尺寸}$$

式中，M 是放大因子；制式尺寸是镜头的尺寸。

例如，对于一台1/2″制式的摄像机而言，安装一个12.5mm（1/2″）制式、25mm焦距的镜头，则放大倍数将是

$$M=\frac{25}{12.5}=2$$

但是，如果一个100mm焦距的镜头安装到相同的摄像机，则放大倍数变为

$$M=\frac{100}{12.5}=8$$

所以我们看到增加焦距就增加了放大倍数。但是，焦距的增加相应降低了视角，因此缩小了图像尺寸（称为视域，field of view）。也就是说，增加放大倍数（放大）降低了能够观看的区域。

视域是CCTV系统的规范和设计中比较关键的因素之一，因为它决定了在摄像机给定距离处的一幅图像将以何种尺寸呈现在监视器屏上。当讨论视域时，我们需要定义是指纵向还是横向的维度尺寸（见图4-7）。

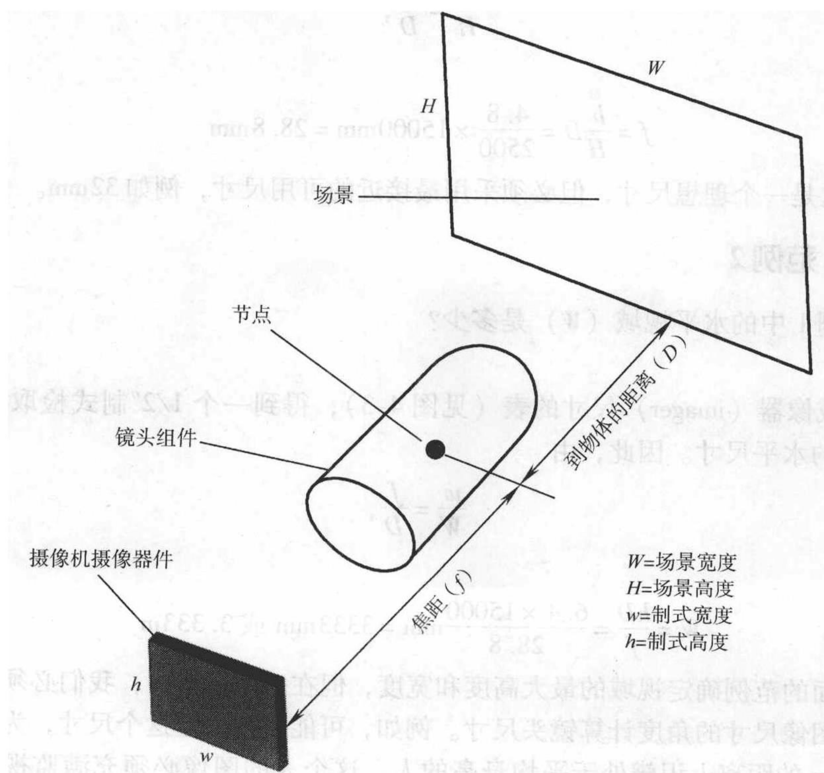


图4-7 镜头焦距、物体离镜头的距离与视域之间的关系

但是视域不仅受到焦距的影响，而且它也是制式尺寸和从摄像机到聚焦清晰物体距离的一个函数。这个关系表示为

$$\frac{w}{W}=\frac{h}{H}=\frac{f}{D}$$

式中，w 是制式宽度；W 是场景或物体的宽度；h 是制式的高度；H 是场景或物体的高度；f 是镜头的焦距；D 是物体到摄像机的距离。注意在一些情形中，字母“V”和“H”用来表示垂直高度和水平宽度，特别是对于一些镜头计算器而言（见本章后续内容）。

4.2.1 范例 1

在观察距离为 15m 时，要求高度为 2.5m 的一个物体充满监视器屏。摄像机制式为 1/2″。计算所需的镜头焦距。

解法

从成像器（imager）尺寸的表（见图 4-3），得到一个 1/2″制式检取器具有 4.8mm 的垂直尺寸。因此，由

$$\frac{h}{H}=\frac{f}{D},$$

得

$$f=\frac{h}{H}D=\frac{4.8}{2500}\times 15000\text{mm}=28.8\text{mm}$$

自然，这是一个理想尺寸，但必须采用最接近的可用尺寸，例如 32mm。

4.2.2 范例 2

范例 1 中的水平视域（W）是多少？

解法

从成像器（imager）尺寸的表（见图 4-3），得到一个 1/2″制式检取器具有 6.4mm 的水平尺寸。因此，由

$$\frac{w}{W}=\frac{f}{D},$$

得

$$W=\frac{hD}{f}=\frac{6.4\times 15000}{28.8}\text{mm}=3333\text{mm 或 } 3.333\text{m}$$

上面的范例确定视域的最大高度和宽度，但在一些情形中，我们必须从屏幕上一幅图像尺寸的角度计算镜头尺寸。例如，可能必须确定这个尺寸，为的是能够在 15m 的距离上识辨处于平均身高的人，这个人的图像必须充满监视器屏垂直尺寸至少 67%（2/3）的范围。面对这样的情形，规划工程师必须确定安装到

摄像机的镜头符合这一规格（即能够做到这点）。这个问题可以如下方式解决：

- 假定采用一台1/3"制式摄像机，那么（从图4-3中得到）$h=3.6\text{mm}$。
- 假定已经确定高度为1.6m的人将是我们期望作为目标的最小高度。为了这幅图像充满67%的屏幕，全视场高度$H=1.6\text{m}\times1.5\text{m}=2.4\text{m}$或2400mm。

$D=15000\text{mm}$，因此

$$f=\frac{3.6}{2400}\times15000\text{mm}=22.5\text{mm}$$

在这个范例中，求取全视场高度是简单的，因为它是一个常数——2/3。当屏幕高度百分比没有直接给出时，计算这个数字的另一种方法是：

$$H=\frac{100\%}{\text{目标高度（\%）}}\times\text{目标高度 m}$$

为了证明这个公式，让我们将最后一个范例数字插入得到

$$H=\frac{100\%}{67\%}\times1.6\text{m}=2.39\text{m}$$

一个通用的规则是，对于任意制式尺寸，将焦距乘2，视域将减半，并放大倍数将乘2。换句话说，我们仅能看到一半的图像，但它看来有两倍大。当在现场工作时，这是一条有用的经验规则。

对于特定的应用，计算镜头尺寸是非常重要的。从长期经验来看，不能在规范阶段将这点做好已证明是代价高昂的。因为这会使屏幕上产生的图像一点不满足规范中确定的指标或运行要求（Operational Requirement，OR），而客户可能会拒绝支付账单。考虑到一些镜头的成本，安装之后再更换它们可能代价高昂。前面范例中的计算是基于简单几何学方法的，但是许多工程师不善于数学计算，特别在现场时尤其如此！对于这些工程师，有一些好消息。针对多数应用已经开发出许多镜头计算器、查找表和镜头查找器，这就去掉了任何计算的需要。我们将在本章末讨论这些内容。

对于许多固定摄像机而言，避免对镜头进行精确计算的一种替代方法是使用变焦（varifocal）镜头。这提供了一个粗糙的2:1的调节范围，典型的范围是4~8mm或6~12mm。其操作原则非常简单。再次参见图4-2，变焦镜头通过移动中心透镜组件，使焦距变化从而改变放大倍数。但是，必须强调的是这不是一个真正的缩放镜头，因为，每次改变焦距时，聚焦环（focus ring）也必须被复位。缩放镜头有更加复杂的光学组件，该组件补偿变化的焦距，并在整个缩放范围维持合适的焦点。本章后续内容将讨论缩放镜头。

许多安装人员采用变焦镜头，因为安装完成后，这些镜头为误差余量和/或客户方改变主意留下余地。但另一方面，相比质量和尺寸类似的固定镜头而言，变焦镜头比较昂贵，如果在初始安装之后，镜头不需要再调节，那么固定镜头的

成本效益高很多，并使这样的系统更加具有竞争性。

选择 CCTV 摄像机需要考虑的另一个方面是检取传感器上检取光能的多少。不充足的光不仅产生的图像暗，而且也缺乏对比度。过量的光将导致称为图像烧毁（picture burnout）的现象。这就使图像的较亮区域过度曝光，导致亮白色块，而没有所谓的细节。一般而言，只要图像不允许出现烧毁（burnout）现象，则在入射光能很高的情况下，图像质量较好，对比度较高，景深（在本章后面我们将讨论这点）最大。

因为期望摄像机在较宽的照明等级范围上有效地运行，则镜头必须采用某种方式控制摄像机检取器件上检取的光能。这是通过一个机械虹膜的方法实现的。虹膜是一个专门的机械装置，由许多薄片组成，当它们旋转时同时滑动。其原理如图 4-8 所示。

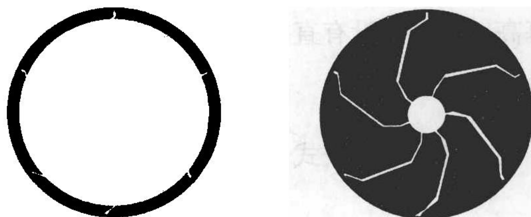


图 4-8 使用滑动的薄片执行虹膜的功能

由虹膜形成的孔的尺寸称为孔径。随着孔径直径的变化，通过的光能变化量遵循反平方律规则。如果这听起来有点拗口的话，那么可以这样理解：将孔径的直径加倍，则导致输入的光能增加 4 倍（2^2）；将孔径的直径乘 3，则输入的光能增加 9 倍（3^2），以此类推。类似地，将孔径的直径减半，则导致输入光能降低到原来的 1/4，以此类推。

镜头的光收集能力称为镜头的光学速度。落到摄像机检取器件上的光能越多，则 CCD 充电的速度越快。因此输入光能多的镜头称为高速镜头。较大孔径的镜头将明显地比较小孔径的镜头能够收集更多的光，因此一般而言它们比较小镜头具有更快的光学速度。光学速度称为 F 数（F-number）。

F 数如下确定：

$$F = \frac{\text{焦距}}{\text{镜头/孔径直径}}$$

如果在手动虹膜镜头侧观察 F 数，你将看到有一些特殊的数值。这是因为，每个位置都是一个 F-档（F-stop），是设计用来指定减半或加倍输入光能值。这些数值初看起来不正常的原因就在于简单的几何规则。加倍输入光能，孔径区域就加倍；但是，加倍一个光圈的区域，直径并不加倍，而是以 1.4142 的因子增加。类似地，将光圈的区域减半，则直径除以因子 1.4142。看下面的范例。

对于一个直径为 50mm 的镜头，其焦距（FL）为 50mm，则 F 数将是 $50 \div 50 = 1$。

- 为了将这种镜头的光收集区域降低 50%，孔径直径将是 $50 \div 1.4142\text{mm} = 36\text{mm}$。

● 这给出 50÷36=1.4 的 F 数。

针对 36mm 孔径区域重复这些计算，将得出孔径尺寸 25mm 和 F 数为 2.0。所以可以看出将孔径设定从 1.4 位置移动到 2.0 位置，即一个 F-档（F-stop），就将输入光能以 50% 的因子降低。从这里，我们能够得出结论，每一个 F 数都代表将相应的输入光能减半或加倍。

为了进一步说明这个效应，表 4-2 给出一个 36mm 直径、50mm 焦距镜头的总共 13 个档（stop），以及在孔径直径和光衰减上每个 F-档（F-stop）的效应。F1.4 表示孔径是完全打开的。在这个例子中，已经假定，当孔径打开时，等级为 2lx 的光就通过镜头，且这个等级的光落在摄像机中 CCD 芯片上，是足够产生一个可接受的清晰图像的。如果光输入等级增加，则孔径将必须相应地缩小，以维持在 CCD 处 2lx 的等级。因此，例如，当光输入等级从 2lx 增加到 4lx 时，孔径直径必须从 36mm 降低到 25mm，以便在 CCD 芯片处维持 2lx 的输出等级。

在手工虹膜（MI）镜头上，孔径是通过旋转一个圈或卡环进行调节的，在其侧标示着 F 数，字母“C”表示孔径完全关闭。

从表 4-2 中，注意当光输入等级从 2lx 增加到 8000lx 时，为了在检取器件处维持 2lx 的恒定等级，孔径直径从 36mm 改变到 0.6mm，这里涉及到全部的 13 个档。8000lx 也许是在阴暗的、遍布乌云的一天中估计的情形。对于这同一个镜头，为了在晴朗的一天（典型的光等级为 500000lx）在检取器件处得到 2lx，孔径将必须再下降 6 个档（档次），且直径将变为仅 0.1mm。简单而言，不管是手动或自动地，这样小的直径是不可能控制的，因为仅 0.05mm 的误差就会造成 25% 的光差异，且在自动虹膜镜头的情形中，控制电路将出现“振荡”（见本章后面的“电子连接”），导致虹膜机械振荡。明显地，必须找到某种另外的解决方法。

表 4-2 F-档（F-stop）对孔径直径和光衰减量的效应（假定，当孔径设定为 1.4 时，镜头的光输出等级（在 CCD 检取器件处）是 2lx）

孔径直径/mm	上-档孔径直径/1.4142（面积÷2)/mm	F 数	光输入/lx
36	—	1.4	2
36	25	2.0	4
25	18	2.8	8
18	12.5	4.0	16
12.5	8.8	5.6	32
8.8	6.25	8.0	64
6.25	4.4	11	128
4.4	3.1	16	256

（续）

孔径直径/mm	上-档孔径直径/1.4142（面积÷2）/mm	F数	光输入/lx
3.1	2.2	22	512
2.2	1.6	32	1024
1.6	1.1	44	2k
1.1	0.8	64	4k
0.8	0.6	88	8k

这个问题的答案是在镜头内部添加一个中性密度（ND，neutral density）点滤波器（spot filter）。中性密度滤波器是这样的，它以相同的数量影响所有频率的可见光，因此具有降低总的光等级的效果。在这种情形中，“点滤波器”（spot filter）是指滤波器不遮盖整个镜头区域，而看起来更像是针对镜头中心的一个点。滤波器的设计使其在中心处具有最大效果，在中心和外边缘之间均匀一致性地降低。原理如图4-9所示。

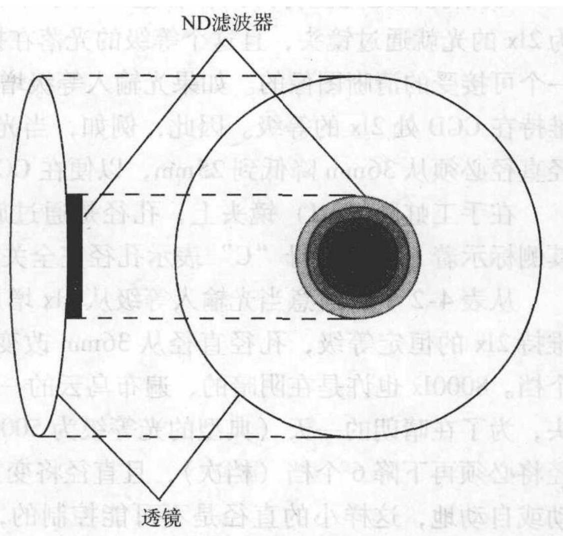


图4-9 镜头上的ND点滤波器

当孔径完全打开时，滤波器对通过的光的总量几乎没有影响。但是，随着孔径的直径接近滤波器的直径，其影响开始出现。考虑这样的滤波器对我们在表4-2已经讨论的镜头范例的影响。令我们假定当孔径尺寸到达1mm时，滤波器开始起作用。随着光输入等级从约2000lx增加到4000lx，为了维持2lx的输出，到此为止不需要虹膜缩小，原因是一些进入的光通过滤波器丢失了。进一步增加光输入等级，它就能起到随着虹膜缩小而过滤相应光能的作用，滤波器的中心区域成为正在使用镜头的惟一部分。

对于镜头制造商而言，为得到较低F-档（F-stop）值的镜头的一种方法是生产非球面镜头。我们不需要讨论更多细节，这些镜头基于这样一种方式，它们将制作成类似一个钟形，这极大地提高了光收集和聚焦的能力。光效率的增加，可以得到较低F数，但是这些镜头制造困难、成本高昂。

在实践中，使用点滤波器的镜头经常标为“F1.4—64”。这意味着机械虹膜

可无辅助地提供10个档（F1.4—F32），在滤波器环区域存在另外的11个档（F32—F64）。因此不需要孔径直径必须缩小到一个不实际的值，镜头组件能够提供21个档。

当针对一个具体应用而选择镜头时，F数可能具有严格的隐含意义。从表4-2中，我们看到孔径设定为25mm的50mm镜头F2。但是，对于具有150mm焦距的一个缩放镜头而言，75mm孔径也将给出150/75=2的F数。所以我们看到，焦距的增加都要求要有较大的孔径来维持可工作的镜头速度。

在手动虹膜镜头的情形中，可能出现如下情况：白天图像质量是完美的、可接受的，但只要光等级开始下降，镜头就不能输入足够的光，来维持图像质量。明显地，每次光等级改变时，手动地调节虹膜是不现实的。这样位于室外或室内的摄像机（其中情形是，光等级将出现较大的波动）就应该安装一个自动虹膜镜头。

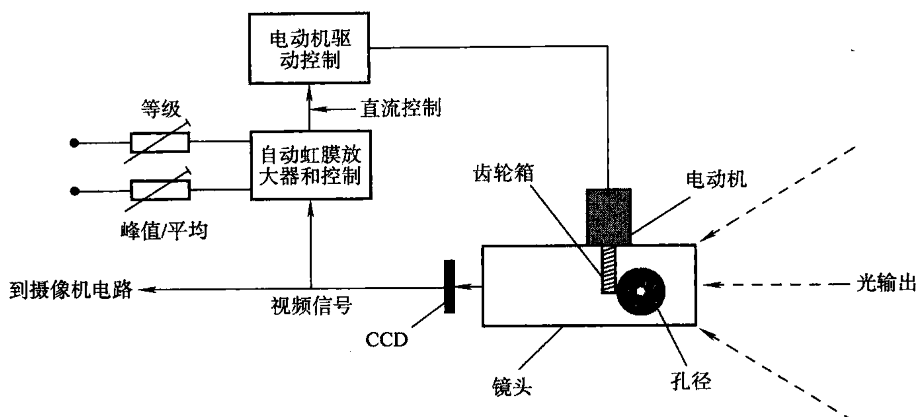
自动镜头是这样的一种镜头，其孔径机械装置由某种形式的电动机驱动，当光等级高时，关闭虹膜，一旦光等级降低，就打开虹膜，针对摄像机检取器件维持一个最优的光输出等级。操作原理如图4-10所示。从CCD出来的视频信号发送到一个自动虹膜放大器电路，该电路检测和监视视频信号的平均电平。

当视频电平落在一个确定可接受的范围时，无动作。但是，当光等级增加时，平均视频电平将增加，电路将产生一个直流输出，激活电动机驱动电路，因此驱动电动机运行。光输入越大，直流控制越高，电动机转动越快，就越快地关小孔径。

这个作用如图4-10所示的时间相关图中。在a点，光输入等级变得太大（大幅视频信号），监视器电路产生正的直流输出，使虹膜电动机转动。在a点和b点之间，虹膜正在缩小，光等级正在降低，来自监视器电路的直流输出随之下降，直到到达b点，修正虹膜设定，电动机停止。在b点和c点之间，光等级虽然是变化的，但仍保持在可接受的范围，虹膜保持静态。在c点，光等级突然降低，监视器电路产生负向直流，使电动机以反方向转动，打开孔径。在d点，落到CCD上的光再次在可接受的等级之内，监视器电路去除负向直流控制，电动机停止。

对于如图4-10所示的布局，伺服电动机、齿轮箱和自动虹膜放大器电路都集成在镜头内，这个镜头一般称为AI镜头。摄像机到镜头相连接，从而向监视器电路提供视频信号输入。这条连接可能使用终端连接器，或使用一个排式接插件完成连接。一些摄像机仅有单个插槽，并带有一个选择器开关标有类似“视频/DD虹膜”的字样。我们稍后将讨论DD的内容。但在自动虹膜放大器电路位于镜头组件中时，选择器必须设置在“视频”位置。

虽然安装电动机和监视器电路的AI镜头已经实际应用，但它们体型庞大、价格昂贵。另一种不太昂贵的自动驱动替代方法是电流计的驱动（galvanometric



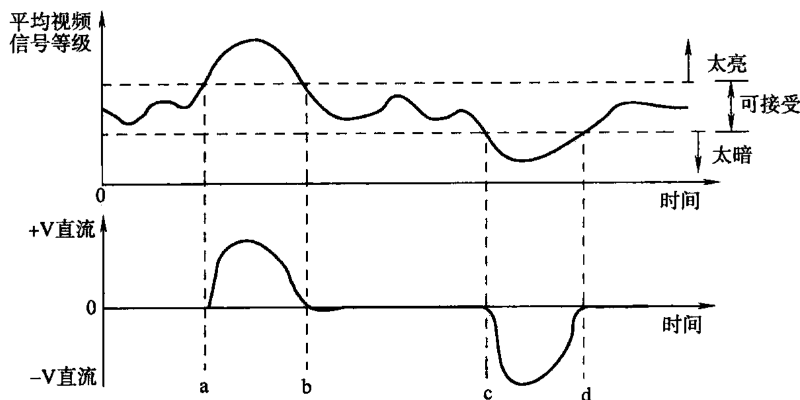


图 4-10 自动虹膜控制的概念

drive)。无论怎么说电流计都不是一项新的发明，许多年以前它在非常灵敏的运动线圈测量计中作为运动部件。其运行起来非常类似电磁原理，用于模拟计量表运动，如今仍在使用。但是，在这里电流计不是用来移动一个指向针，而是用来移动虹膜机械的薄片的，其原理如图 4-11 所示。直流输出馈入电流计薄片，薄片顺次将孔径保持在合适位置；但是，直流必须维持住，否则薄片将完全闭合。因此，信号监视器电路产生一个变化的直流，如图 4-11 所示。除了降低的成本之外，相比于直流电动机，采用电流计驱动的两个优势是镜头物理尺寸的减小和电流消耗降低很多。

通过在摄像机内部集成 AI 放大器电路，镜头尺寸可进一步减小。这些紧凑的镜头类型称为直流驱动（DD）镜头，并广泛用于 CCTV 行业之中。在采用 DD 镜头的情况下，摄像机上的视频/DD 选择器开关必须设置在“DD”位置。

图 4-11 所示的装置中标有“等级”和“峰值/平均”的两个控制（钮）给

予安装人员对虹膜动作进行一些控制，由此控制屏幕上的图像。这些控制钮可在镜头或摄像机上找到（这取决于 AI 放大器电路位于哪里）。设置这两个钮的原因，是因为目前还没有设计出来能够自动处理每种可能照明场景的摄像机/镜头组件，故有时需要利用它们达成折中方案。

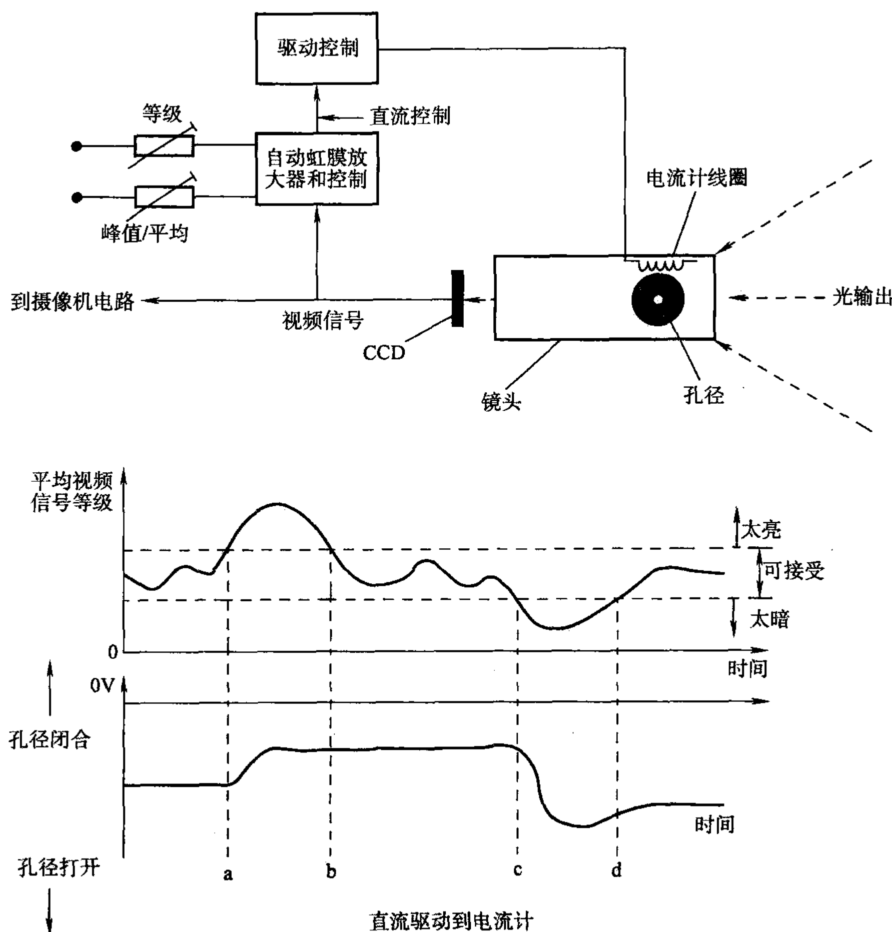
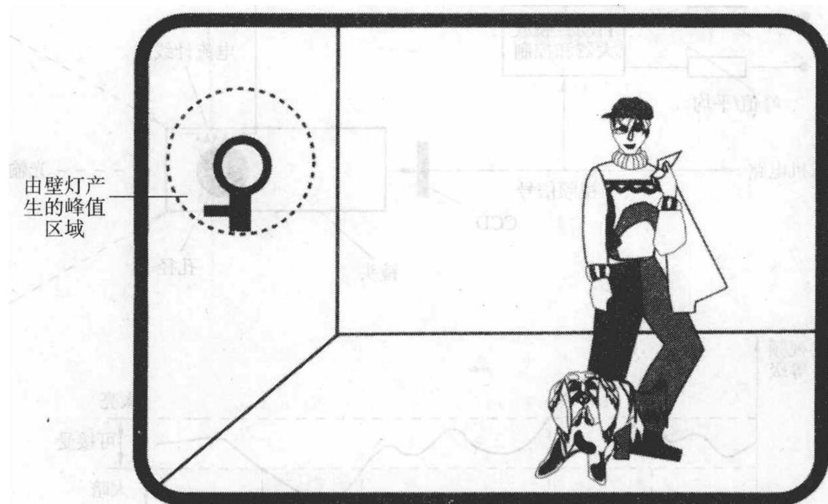


图4-11 与电动机不同的是，电流计需要一个恒定的电流使孔径维持在设定位置

光等级控制功能非常类似于手工虹膜环的一项功能，它允许工程师设定镜头的灵敏度。控制钮常常标有“H-L”或“Hi-Lo”的字样。将控制钮设置在靠近高端的位置，则倾向于在白天产生满意的效果，但在夜晚图像可能较暗；靠近低端位置时将允许虹膜在黑暗中打开，产生较清晰的图像。但是，这可能导致在白天的图像亮度过大（曝光）。除非系统具备让集成操作员通过遥控方式控制虹膜这样的功能，否则光等级控制功能的设置必须考虑到极端情况，要估计镜头将在

极端情况中运行，以及客户的特定要求。

峰值/平均控制钮经常标有“P-A”或“Pk-Av”的字样，使安装人员能够引入某种程度的折中方法，来处理图像区域内照明等级差异很大的情况。考虑如图4-12所示的两种情况。图4-12a所示的强光导致虹膜缩小，在观看区域的其他部分产生的图像非常暗。在这种情形中，为了得到图像上的一个合理的对比度，可使用峰值/平均控制功能将虹膜开大（偏向“平均”位置）。折中结果是在围绕强光的区域中将会有“热点”。



a）峰值等级会出现曝光（burn out）现象；平均等级是清晰的



b）平均区域看起来较暗；峰值区域是清晰的

图4-12 峰值/平均控制功能

对于如图4-12b所示的情形，如果控制钮设置在“平均”位置，则为了显示出柏油碎石路面区域，虹膜将完全打开，导致人像变白。这个问题在低光条件下将会特别突出。将控制钮偏向“峰值”设置调节，导致虹膜缩小到一定程度时，柏油碎石路面变得看不见；但是，人像在屏幕上变得非常清晰。

你会经常看到许多摄像机上标为“EI”的另一项设定功能。EI是指电子虹膜功能。摄像机内部的一个电路，使用电子方式维持合适的视频信号电平，它与镜头中的虹膜无关。我们将在本书第6章讨论电子虹膜的原理。

我们需要仔细研究的最后一个参数是景深。这是镜头前面的范围（以距离表示），其中物体仍然处在锐聚焦（sharp focus）。

我们希望一个镜头不管远近，在完全聚焦的视域范围内，就可显示所有事物，但这是不可能的。图4-13所示，一个镜头聚焦在一个特定距离上。比真实聚焦距离近和远的物体看来也出现在焦点中。区域的这个范围称为景深。

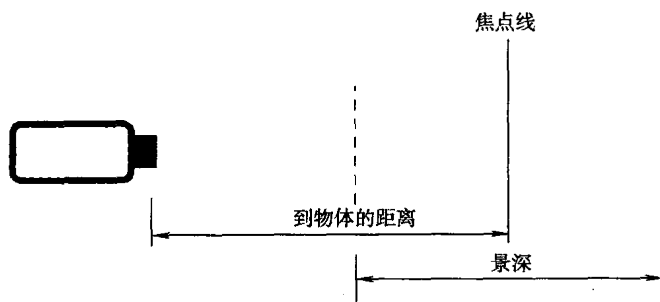


图4-13 景深是指能保持正确聚焦的物距区域

景深依赖于两个因素：镜头的视角和孔径的设定。当考虑景深时，重要的是记住，加宽的视角，或增大F数（孔径尺寸减小），会增加景深。

一般而言，广角、短焦距镜头具有非常大的景深，甚至当F数较低时也是这样。但是，大景深的优势多少被如下事实所减弱，即远处的物体在监视器屏幕上看起来非常小。随着焦距增加，镜头观察狭窄的和远处的物体会变得越来越大，但是景深减小。

现在的问题是，一旦镜头已经对准一个目标，且焦点已经为那个目标设定，只要缩放镜头观察不同距离上的目标时，就必须重新调整焦点。这在图4-14中说明，其中已经将缩放镜头设定到距离D_1上的一个目标（物体A），且焦点相应地调节完毕。围绕该物体的景深将是由点式线表示的区域。但是，当焦距重新调节以放大在距离D_2处的物体B时，之前焦点就不再正确了。这就是为什么当从一个目标移到另一个目标时，功能强大的缩放镜头需要重新聚焦的原因。

另一个相关问题是，当使用一个自动虹膜、远距照相（telephoto）镜头时，其中当天黑之后没有足够照明情形下出现的问题。在白天，孔径设置的F数较高，这样景深较好。但是，在天黑之后，自动虹膜功能将降低F数，试图维持（恒定的）光输入等级。当这种情况发生时，景深就减小。当然，如果工程师仅在白天访问（安装摄像机的）站点，他可能对顾客所抱怨的问题感到奇怪！

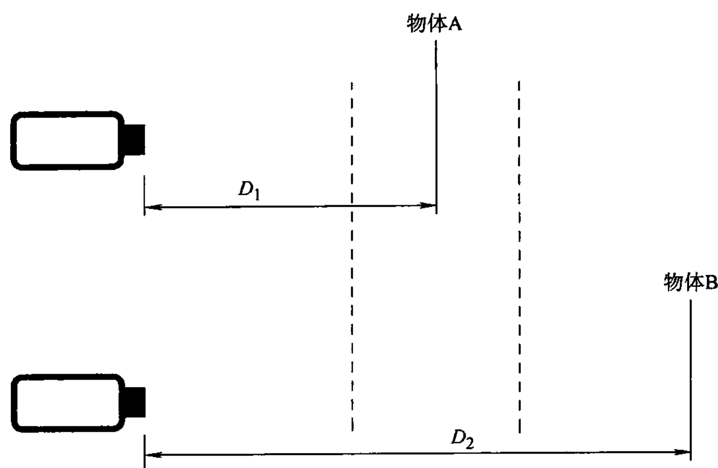


图4-14 当改变缩放（比例）时，焦点就不正确了

4.3 缩放镜头

固定焦距的镜头对于如下场所是完全合适的，即我们期望观察仅有数平方米的区域。但是，随着我们试图观察较大范围，例如停车场或购物商场，那么固定镜头就有很大的限制。为了得到视场（field of view），必须使用广角镜头，但（采用广角镜头）之后在屏幕上每样东西和每个人看起来都如此之小，以致于图像不能作为证据使用。另一方面，如果安装了一个缩放镜头，丢失视场就意味着，除非镜头是电动机化（采用电动机驱动）的且能够由控制室操作，否则它就没有多少用途。这就意味着必须雇佣员工来操作CCTV系统。对于安装的系统，如果从其风险等级和商务规模方面来说不需要雇佣全职CCTV操作员，也不用投资昂贵的缩放系统和遥控系统，则在相同的位置通过安装两台摄像机就可能得到合理的覆盖，其中一台安装广角镜头，另一台安装缩放镜头。但是，在将这样的计划介绍给客户之前，安装人员必须确信这样的系统将提供所要求的覆盖水平（范围）。

普遍的做法是，以焦距变化率表示缩放镜头的性能。例如，焦距范围为16～

160mm 的一个镜头将称为一个 10:1 缩放镜头。但是，仅描述比率不能提供焦距的信息；即，10:1 可能意味着 10～100mm 或 15～150mm 的范围，因此制造商们常常列出实际焦距以及比率。

缩放镜头的原理如图 4-15 所示。在组件中，缩放镜头组是机械组件中最复杂的部件，因为这个组件中的光学器件必须以这样的方式运动：使图像保持不失真并焦距正确。在很大焦距范围内能维持正确的聚焦，是非常困难的。因此通过可调节的前镜头组件，能手动控制聚焦。

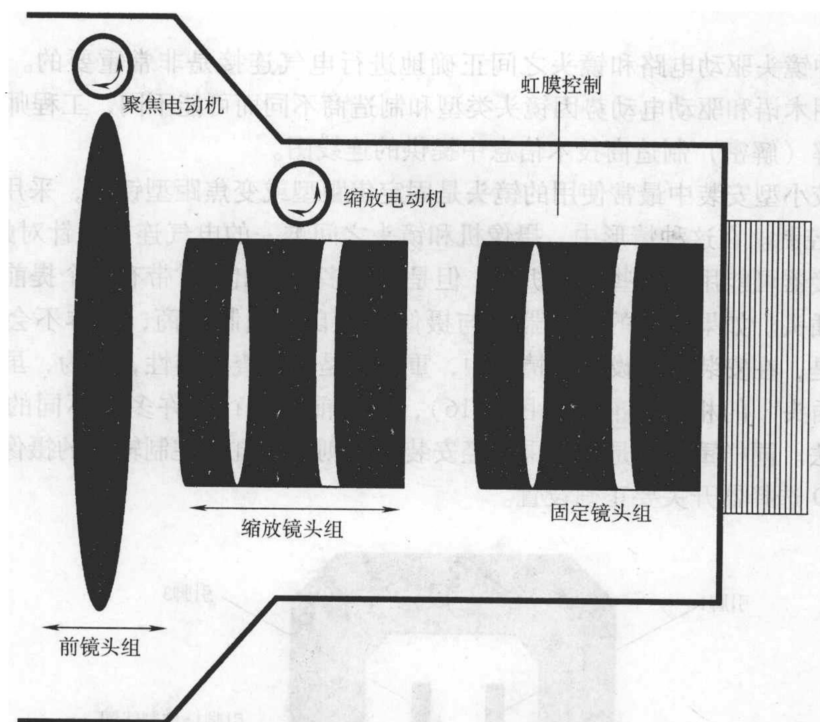


图 4-15 缩放镜头的原理

在一个手动操作的镜头中，略去两个电动机，采用两个小滑轮进行旋转调焦和缩放控制

缩放镜头的光学速度不像固定镜头那样能直接指出，因为如前所述，F 数取决于焦距和孔径，但在这种情形中，焦距是变化的。为了说明得简单，绝大多数制造商只是指出焦距范围内 F 数的极值（最大值和最小值）。所以，例如，焦距范围为 12.5～75mm 的一个 2/3″、6:1 缩放镜头，可得出其 F 数在 F1.2 到 F560 之间。

当缩放镜头置于最大焦距（远摄）时，必须将之牢固地固定，因为极轻微的移动都会导致监视器上非常大的图像抖动。焦距越长，这个问题就越突出。如

果摄像机固定在固定建筑结构中时，通常不会存在这样的问题。但是，当摄像机安装在塔的顶部且镜头设置在高倍远摄状态时，最微小的风都可能使监视器的图像满屏晃动。人们可购买陀螺仪校正的镜头（价格相当高），其光学器件安装在一个机械装置上，该装置以与主镜头外壳相反的方向移动。无须说，因为它们的高成本，这些器件是不太常见的。

4.4 电气连接

各种镜头驱动电路和镜头之间正确地进行电气连接是非常重要的。连接方法、所用术语和驱动电动势因镜头类型和制造商不同而可能不同，工程师们必须能够理解（解密）制造商技术信息中提供的连线图。

在较小型安装中最常使用的镜头是固定焦距型或变焦距型镜头，采用DD或AI虹膜控制。在这种情形中，摄像机和镜头之间惟一的电气连接是针对虹膜的。终端连接器可能用在一些摄像机上，但是，许多镜头出厂时带有一个提前装好的连接器插头。如果使用的上述器件与摄像机来自相同制造商，基本不会错误连接。但是，在安装各种设备的情形中，重要的是要检查兼容性，因为，虽然有通用“P插头”的相关标准（见图4-16），但目前仍然存在许多（不同的）连线配置方法。同样重要的是，如果已经安装好，则用于虹膜控制输出的摄像机上的视频/DD选择器开关要正确设置。

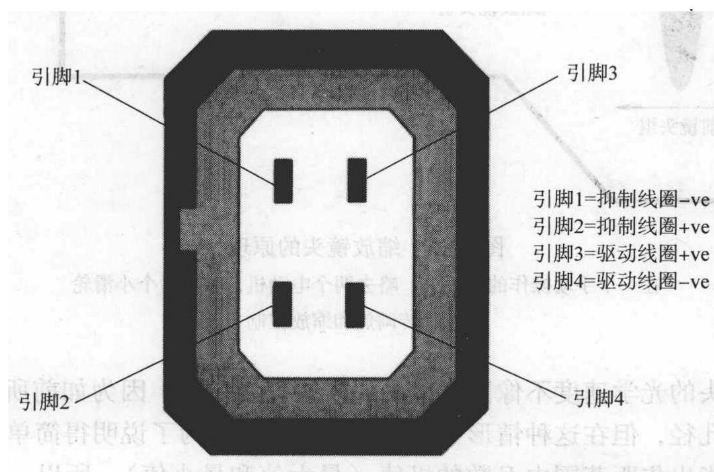


图4-16 P插头的标准连接配置（如此称呼是因为它是由松下开发的）

电流计虹膜常常具有一个四针连接器。两个终端连接器将直流驱动电压从摄像机连接到传动装置线圈，由之控制孔径。另外两个终端连接器将控制电压加到

虹膜组件中第二个线圈，起抑制电流计的作用。抑制线圈是必要的，原因是电流计是非常敏感的器件，容易对驱动电压反应过度。因为虹膜控制实际上算是闭环伺服电动机（光输入形成反馈），这可能导致称为波动的一种状态。波动是指伺服电动机不断地过补偿，进行控制的单元（这里指虹膜）就会出现振荡。因此，在摄像机中的虹膜控制电路不仅输出驱动电压，而且输出抑制电压，该电压馈入抑制线圈。其布局排列如图4-17所示。

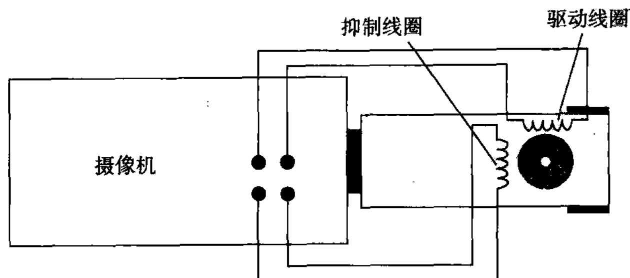


图4-17 摄像机和一个DD自动虹膜镜头之间的连接

在虹膜控制电路位于镜头内部的情形中，要求有三路电气连接：一路用于视频信号；一路提供来自摄像机的12V直流电源，为控制电路供电；一路作为通用的负（地）回路。虽然不是一条指定的标准，但用于这些功能的连线颜色正常情况下为：白色线连视频，红色线连+12V，黑色线连0V。在镜头连接器线缆中经常发现一条绿色导线，这仅用于如下情形：系统安装了全功能的远程遥控摄像机，操作人员能够在控制室手动地调节虹膜。在这种情形中，绿色导线连接遥测接收器和镜头传输一个变化的直流控制（信号）。

镜头连接器的线缆可能具有编织屏蔽层，其目的是降低RFI在这点进入的可能性。理论上而言，屏蔽层将连接到摄像机的接地导体，或在摄像机体不是金属的情形下连接另一个接地点。在实践中，这个屏蔽层经常是不连接的，原因是它能产生一个接地电路，且因为连接引脚如此之短，使得感应RFI的可能性极低（所以就不连接了）。当证明干扰较大的情况下，那么就应该执行将屏蔽层接地的测试。

当我们仔细观察电动机驱动的缩放镜头时，电气连接方面会多涉及一些。缩放镜头常常采用低压直流电动机来移动缩放镜头组件（焦距）和前端镜头组件（焦点）。这些电动机的典型操作电压可在直流5～12V。控制电压由遥测控制器提供，根据所采用系统的类型，遥测控制器也许不同。重要的是，检查选择用于一个控制系统的镜头是兼容的。例如，如果镜头采用5V电动机，当操作缩放和聚焦时，控制单元施加12V，你将发现镜头也许反应非常快速（！），但也许安装之后很快就出现故障，原因是电动机烧坏了。另一方面，如果用5V电压驱动

12V 电动机，如果有所反应的话，镜头的动作会非常缓慢。

电动机通过齿轮箱驱动镜头，一定不允许机械装置的过驱动，否则会发生永久损坏。以缩放机械装置为例，当电动机已经将缩放镜头组件移动到最大焦距位置时，必须立即切断电动机的电源，这可通过限位开关（limit switch）实现。但是，与电动机简单地串联一个开关是不可行的，否则一旦开关打开（开路），就没有办法施加一个反向电压使镜头反向移动。解决方法是，跨越开关放置二极管。典型的电路如图 4-18 所示。

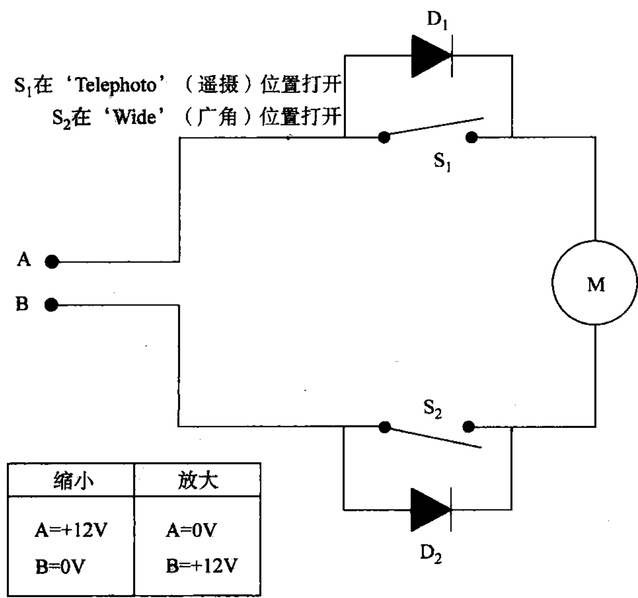


图 4-18 缩放电动机的限位开关电路（相同的电路可用于焦点和虹膜电动机）

在这个电路中，当镜头到达最大缩放（远摄）时，开关 S_1 打开（断开）。当操作人员打算再次缩小时，必须反方向驱动电动机，这意味着要反转端子 A 和 B 处驱动电压的极性。现在电流路径将从端子 A，通过二极管 D_1，通过电动机，通过开关 S_2 返回，开关 S_2 将仍然是闭合的。从“宽”（wide）位置（最小缩放）移动，情况只是简单地相反而已，因为现时 S_2 将打开，二极管 D_2 将提供电流路径。

常见的情况是，在缩放镜头中发现用于预设缩放和预设聚焦的分压器。当操作缩放和聚焦电动机时，这些分压器旋转，由此产生对应于缩放/聚焦范围的一个电压区间。从每个分压器滑块的输出电压接回到控制单元，使控制单元具有可编程序的预设缩放位置。典型的分压器连线电路如图 4-19 所示。

当设置预设位置时，工程师或操作员将缩放移动到期望位置（在这个点，

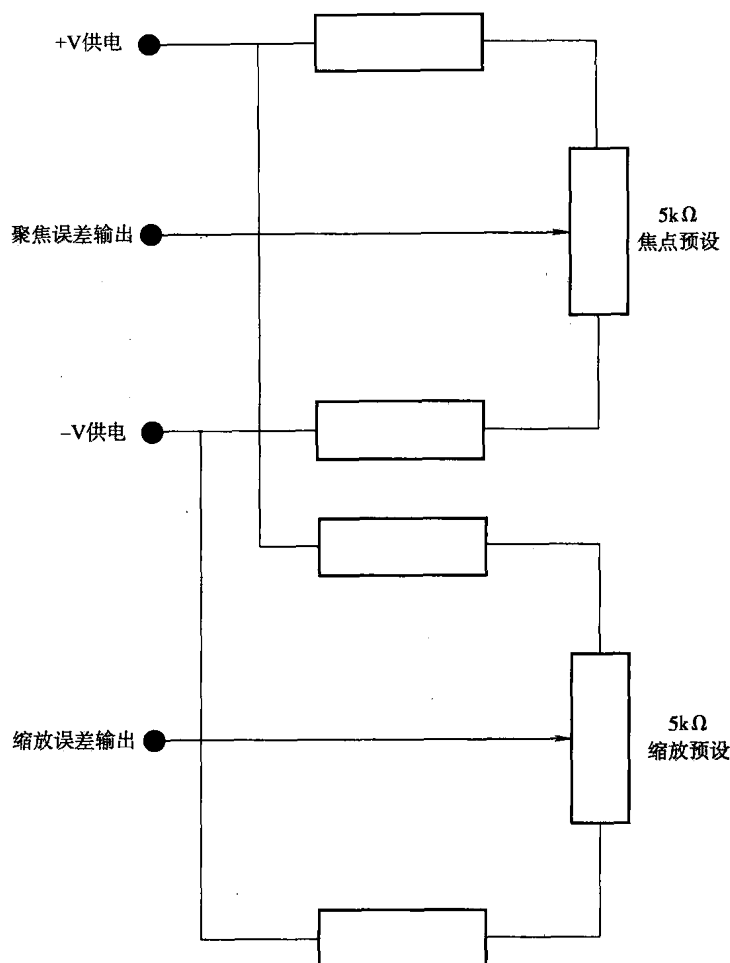


图 4-19　预设控制电路布局图

摇摆/倾斜装置也运动)，并调节焦点。之后这个位置可存储到控制单元的内存中，这是通过将每个分压器的直流模拟信号转换为数字信号来实现的。在正常操作过程中，当操作员操作控制单元将摄像机移动到预设位置，缩放和聚焦电动机(加上摇摆/倾斜电动机）就操作移动，直到来自分压器的直流电压达到预定的数值。

现代控制单元能够记忆一个以上的预设位置，也确实存在一些控制单元能够存储多达 100 个预设位置。但在多数情形中，设置 5 个预设位置大约是要求最多的情形。因为你要想一想何时将需要一台摄像机具有 100 个缩放位置，以及一名操作员如何才能够记住这些位置处在哪里呢？

4.5 镜头安装

称作C安装（mount）的一类镜头安装方法，在电影院产业已经用了许多年。因为这些镜头已经在生产制造，所以为早期CCTV产业所采用。“C安装”特别之处是指摄像机中镜头上的螺纹类型以及从镜头背面到CCD检取设备的距离。

比较而言，C安装镜头较大，而随着CCTV摄像机的尺寸持续减小，有必要配备比较紧凑的镜头。而且，在CCTV系统中，镜头可能是最昂贵的部件之一，随着系统规模（就摄像机数量而言）的增大，就需要推出一种成本效益更高的镜头。正是在考虑这些因素的情况下，技术人员开发了CS安装镜头。

CS安装镜头更加小巧，但是这样做也牺牲了性能。相比于C安装镜头，CS安装镜头光学失真更大，原因是它几乎利用了所有的玻璃面积，而一个C安装镜头仅使用内部区域（这里失真最小）。

从一名工程师的角度而言，这些镜头之间的主要差异是在摄像机中从镜头后部到图像器件之间的距离。对于一个C安装镜头，这个距离是17.5mm，而对于一个CS安装镜头，这个距离仅有12.5mm。在实践中，这意味着这些镜头类型是不能简单地互换的，原因是如果这样互换，焦点则不会落在检取器件之上。

CCTV摄像机指定可进行C安装或CS安装类型（虽然一些具有机械的调节装置，可在12.5mm和17.5mm之间移动检取器件）。在安装不能再调节的场合，应用如下规则。

只要安装一个特殊的5mm适配器环，将距离扩展到17.5mm，C安装镜头就能在CS安装镜头摄像机上工作，如图4-20所示。但是，CS安装镜头不能在C安装镜头摄像机上工作，因为没有办法减小其17.5mm的距离。

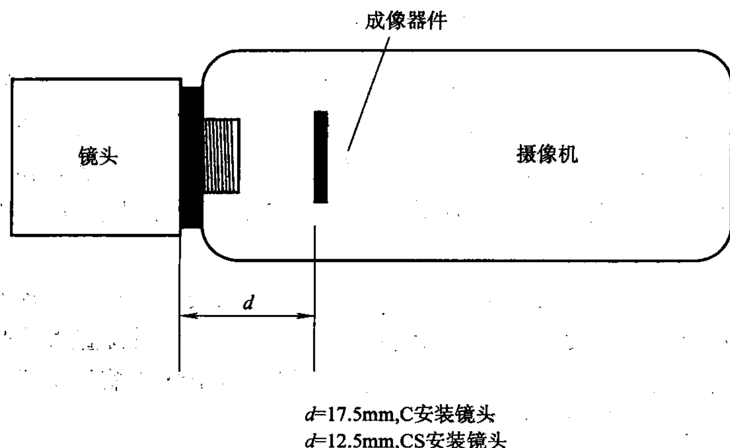


图4-20 C安装镜头装配在CS安装镜头摄像机上

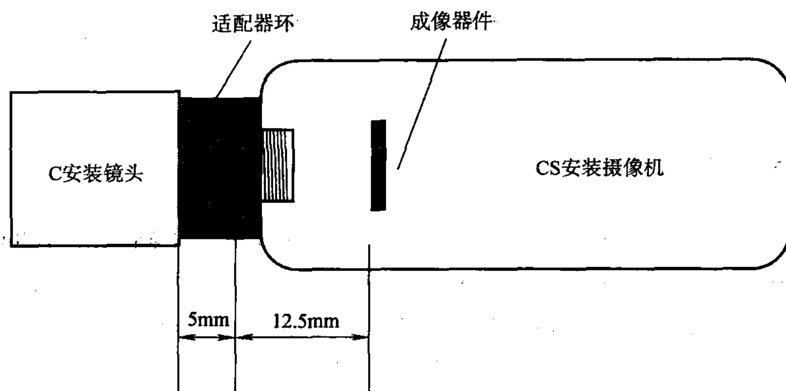


图4-20　C安装镜头装配在CS安装镜头摄像机上（续）

4.6 滤光器

一些情况下在镜头中装配一个滤波器可以起到很好的作用。例如，要求摄像机透过玻璃窗拍摄时，可装配一个偏振滤波器，去除强光或反射的影响。将这种类型的滤波器装配到镜头上，之后旋转调整，直到取得期望的结果。

另一类型的外部滤波器是ND类型，在本章前面介绍点类型滤波器的作用时，我们讨论过这种类型，它用于增加F-档的最大数。影响整个镜头面积的全尺寸型号产品也可应用，但其中涉及到各种衰减因素。但是，在CCTV应用中，它常常不是连接到摄像机的永久固定装置。ND滤波器的一项实际应用是在后-焦点的调节中，这将在本章后面讨论。

如期望从摄像机中去除IR[⊖]光，可以使用红外截滤波器（cut filter）。所有彩色摄像机都有一个内置的IR截滤波器，但是，一些黑白单色型号的设计会对IR光做出反应。有时在观察区域有大量IR光，就有必要关闭这项功能，因为图像的有些部分会有稍微过曝光（burn out）的现象。装配外部IR截滤波器经常使得图像的灰度对比度范围得以改善。IR截滤波器的另一项应用是在调节焦点时，从镜头中去除IR光，从而只对可见光调节焦点。这产生稍稍有些不同的焦点，但对于主要依赖于可见光的摄像机而言，也许是更准确的焦点。

与IR截滤波器相对的是IR带通滤波器（pass filter），该滤波器去除绝大多数的可见光，从而使摄像机仅能“看到”IR光。如果主要是想在夜晚使用摄像机可以利用红外照明来工作；如果使用IR带通滤波器去除可见光的话，则要在

⊖ IR：Infra-red，红外线。

白天进行调整。除了IR带通滤波器之外，通过加入一个ND滤波器（进一步阻挡可见光），可进一步改善调节的可靠性。

4.7 镜头调节

在CCTV安装中，最大的问题之一是后-焦点调节不正确。这指的是镜头后部和摄像机检取器件之间的17.5mm/12.5mm距离。在使用固定镜头的场合，只要工程师能够得到正确聚焦的图像，这个问题就没有那么严重。但是，当采用缩放镜头时，如果后-焦点没有正确地调节，操作员将发现每次使用缩放功能时，焦点就会移出。另一个问题可能是，在白天，当自动虹膜缩小时，缩放镜头的表现令人满意；但当光线开始减弱，虹膜打开时，由于景深减小，焦点变得较差。

前面当我们讨论景深时，已经谈到了这个问题，理想的解决方法是：在黄昏，当调节特别敏感时，进行后-焦点调节。但是，在现实中，这并不总是可行的，因此另一种方法是：在进行调节时，装配一个外部ND滤波器（通过减少光输入量，滤波器就可模拟微光条件）。

要进行正确的后-焦点调节，有多种可行的方法，随着工程师们在这个方面变得娴熟，他们将采用自己首选的方法。但是，当刚开始进行调节时，针对装配缩放镜头的摄像机调节后-焦点的可行方法如下：

① 手动打开虹膜，或装配一个ND滤波器，或在低光条件下工作。

② 对于特定的摄像机/镜头，在最大可操作范围选择一个目标（理想的是具有许多细节的一个目标，例如一堵墙）。

③ 将镜头焦点调节到“远处”。

④ 将缩放设置到最大广角。

⑤ 在摄像机上前后移动后-焦点调节，直到得到最优焦点。

⑥ 将缩放设定到完全远摄位置。

⑦ 针对最优焦点调节镜头焦点。

⑧ 将缩放设定到最大广角。

⑨ 针对最优焦点重新调节后-焦点。

⑩ 重复步骤④到⑨，直到在广角和远摄位置之间的所有点都得到最优焦点时为止。

在一些情形中，后-焦点是用一个固定螺钉或螺母固定的。在开始调节之前，确定将这个螺钉/螺母松开，并确定调节完毕之后将之拧紧，否则缩放或PTZ动作产生的振动会改变后-焦点调节位置。

从实践的观点看，总是假定在进行焦点调节时，工程师一直在观看监视器上的图像。但是，看起来这并不总是那么简单，特别当操作安装于7m高塔顶的摄

像机组件之时。克服这个问题有许多方法，其中之一是在安装摄像机之前，甚至就在厂里，调节后-焦点。当以这种方式进行调节时，要想办法降低照明强度。否则你也许发现在安装摄像机之后，还要进行调节。

另一种方法是使用一台便携式、电池供电的监视器。有专门为此目的制造的测试监视器，在执行各方面测试和调节的地方是非常有用的。当在阳光直射的情况下使用这些设备时，有时会遇到一些问题，原因是要观看图像，可能存在某种程度的不方便之处。

另一种对进行焦点调节有用的设备是焦点计（focus meter）（见图4-21）。它设计用来连接到摄像机的视频输出，并分析信号中的高频视频成分。焦点越尖锐，信号中的高频分量就越大。这样，如果工程师将焦点调节移动到其范围的一端，之后逐渐向另一端移动，焦点计将显示高频分量逐步增加，直到经过最优焦点处，之后开始下降。因此工程师就能够根据显示的峰值设置焦点调节。

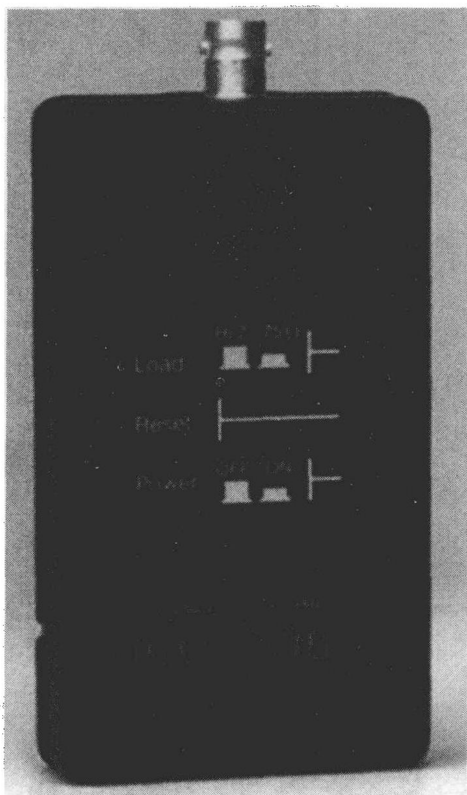


图4-21　焦点计（获得NG系统公司的准许）

4.8　选择镜头

在本章前面，我们看到如何针对一个给定的应用来计算所要求的镜头尺寸，但是，有很多方法可以替代这种数学公式加电子计算器的方法。这些方法中最简单的也许是使用镜头计算器，这些计算器一般可从镜头制造商或供应商处免费得到。在运算公式和产生数据方面，这些计算器是存在些微不同的，但是它们的用法简单，对于绝大多数应用而言它们是非常准确的，且足够用的。典型的镜头计算器如图4-22所示。这种特定类型设备要求你知道主目标高度或宽度，以及从摄像机到目标的距离。通过调节计算器上的游标，就能得到任意给定摄像机制式尺寸的焦距以及水平或垂直视角。

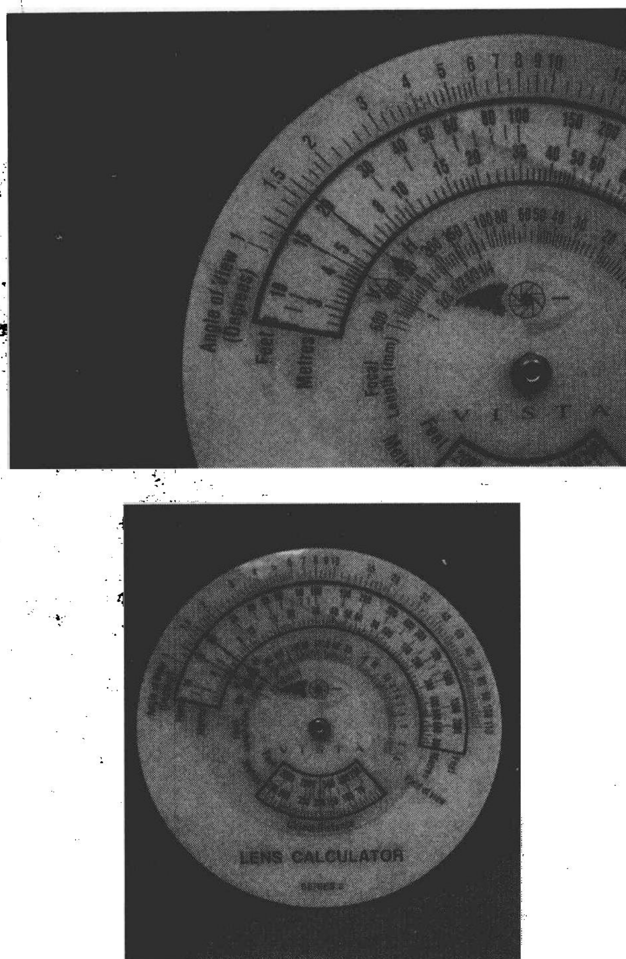


图 4-22　典型的镜头计算器

另一种方法是使用由许多镜头制造商制作提供的查寻表，但是，这些表得出的是在安装到不同摄像机制式的各种镜头产生的水平视角。在这种情形中，对于离镜头任意给定距离的物体而言，工程师仍然不知道该物体的宽度或高度，但这可使用三角学方法进行计算：

$$W = d\tan\theta$$

式中，W 是通过图像的区域宽度；d 是物体离镜头的距离；θ 是镜头的水平角度。

4.8.1　范例

利用查寻表，得到 30mm、1/2″制式镜头具有大约 11°的水平角。求出在 40m 距离处图像的宽度。

解法

$$
\begin{aligned}
W &= 40 \times \tan 11^\circ \mathrm{m} \\
&= 40 \times 0.19\mathrm{m} \\
&= 7.6\mathrm{m}
\end{aligned}
$$

在所有选择镜头时所使用的工具之中，最有效的也许是各类型的光学取景器，范例如图4-23所示。工程师自己位于摄像机的位置，并通过该设备观察，进行调节，直到得到期望的图像。通过设备侧面的校准标记可读出焦距。标尺包括各种制式尺寸。除了免除任何计算的需要之外，使用光学取景器的另一项好处是在客户同意安装之前，可向客户表明是怎样的效果。确实，客户可设定取景器，向工程师/调查员表明他的要求，如果工程师当时确定并记录商定的镜头尺寸，他就不需要担心安装后顾客的抱怨了。



图4-23 对于给定的视场、目标距离和摄像机制式尺寸，使用光学设备确定要求的镜头焦距（使用图片获得CBC（欧洲）公司的准许，CBC是计算机用镜头的制造商）

第 5 章　电 视 基 础

在我们继续讨论摄像机和监视器的工作原理之前，重要的是要理解电视图像的组成以及产生图像所要求的信号。在本书后续的第 7 章，我们将仔细研究各种图像显示设备技术。

电视的发展其实是在 20 世纪 30 年代开始的，当时人们实践了大量（设计）思路，并取得不同程度的进展。但是，所有设计思路都具有一个共性：它们的设计都使用阴极射线管（CRT）来产生图像。以致后来的现代模拟电视系统仍然与视频信号波形（设计用来驱动 CRT）相联系，即使正在使用的是某种类型的平板显示设备也是如此。当然，在广播领域和 CCTV 领域数字信号传输系统正替换模拟传输系统。但是，尽管如此，在未来的许多年仍将采用模拟信号，因为大量模拟设备仍在使用而且一夜之间替换所有这些设备的成本令人生畏（更不用提制造商们无法在这样短的时间内为突然的升级改造生产足够多的设备）。

5.1　生成光栅

光栅是指在没有任何视频信号输入的情况下，当一台 CRT 扫描它的屏幕时，产生空白显示的情形。它是通过使黑白单色 CRT 中电子束产生的一个点（彩色 CRT 是三个色点）在垂直和水平方向高速扫描屏幕得到的。这个点运动得如此之快，以致于人眼无法分辨，因此大脑就被欺骗，认为看到的是一幅固定的白色显示图像。顺序扫描屏幕产生光栅的原理如图5-1所示。虽然为了直观简单，图中画出的是仅有 9 线的光栅，但是后面我们将看到，在英国的广播 TV 和 CCTV 都使用 625 线的光栅（对于 NTSC 系统是 525 线的光栅）。

水平扫描（线扫描）的速度要比垂直扫描（场扫描）的速度快许多倍，因此，扫描点沿 CRT 屏幕 Z 形向下。但是，从左向右的线扫描周期要远长于行回扫（line flyback）周期，行回扫时扫描点快速地从右侧运动到左侧。类似地，场扫描周期时间数倍于场逆程（field flyback）周期，其中扫描点非常快速地返回到屏幕顶部。

在行回扫和场逆程期间，要关闭电子束，所以在图 5-1 中仅由标号 1 到标号 9 的实线被实际显示出来。这就是为什么回扫周期以点方式画在其中的原因。线

扫描周期常称为行正程周期（active line period）。

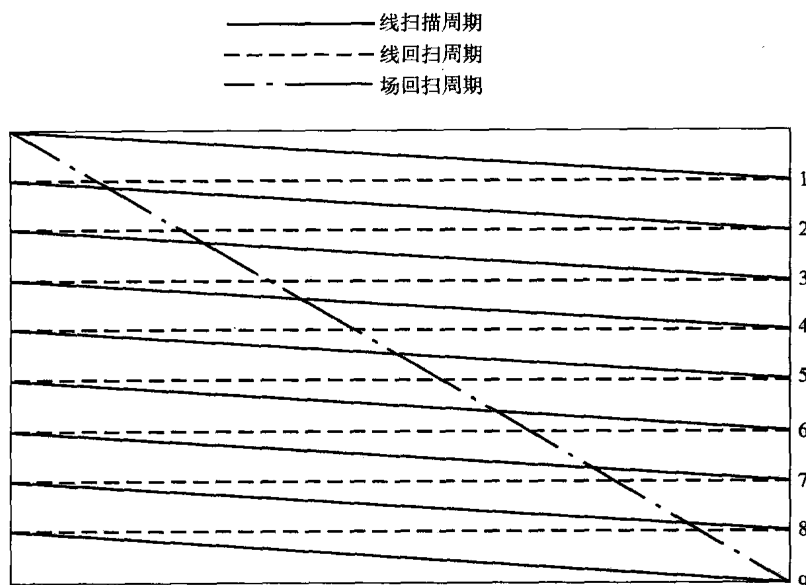


图5-1 9-线顺序扫描的光栅

电流通过围绕在CRT颈部的线圈，从而使CRT中的电子束偏转。在回扫期间，电流反向，产生一个数值相等的但方向相反的磁场。由于扫描线圈的感应作用，这项操作不能立即完成——所以才要关闭电子束等待完成回扫。

这样我们知道了如何使用顺序扫描产生9线光栅。但为了产生实际的625线光栅（NTSC为525线光栅），将要求什么样的扫描速度呢？这个问题的答案不像看起来那么直接。在电视系统发展过程中，当确定扫描速度时，设计人员必须考虑许多因素。主要来说是图像率、图像分辨率、系统带宽和图像闪烁问题。

必须记住的是，当时的电视系统必须围绕原有的电影系统进行设计，因为那时，人们都认为多数传输的资料信息将取自电影片源。甚至电视新闻短片都源自电影胶片（在20世纪40年代还没有摄录一体机！）。所以，在我们介绍使用CRT生成电视图像的原理之前，要简短地介绍一下原始资料的结构体系，这些资料来自于电影产业。

我们在电影院看到的“运动图像”实际上是一系列的照片高速闪投到一个屏幕上形成的。早期系统使用每秒16幅图片的帧率，但产生劣质的和断续的图像，且图像帧率16Hz时亮度摇晃效应非常明显。一般对人眼来说，在20～25Hz之间的图像帧率将解决断续图像的问题，但在这一范围人眼仍然可分辨一些摇晃效应。通过将图像率增加到45～50Hz的量级，才能克服这个问题，但这意味着

胶片消耗翻倍而提高成本问题。解决方法是（到如今仍然是这样）阻挡从投影灯输出的光，不仅在图像帧正拉入到门/栅（gate）中阻挡输出光，而且当它在门/栅中静态时也阻挡。因此每帧每秒两次闪投到屏幕上。每秒24幅的图像率是按照工业标准确定的，因此电影摇晃率是48Hz，这对眼睛而言是不可分辨的。

摇晃效应利用了眼睛的特性。眼睛具有一种称为视觉暂留的特性。在部分视网膜被光输入产生刺激到视网络输出消失（停止光输入后）之间，存在一个时间延迟。在24Hz电影图像率的情形中，当帧向前移动时，眼睛能够区分投影灯输出的闪烁。通过使灯以两倍速率闪烁，视网膜不能足够快速地做出响应从而解决了摇晃效应。

因为英国主干线供电频率是50Hz，这与接收器设计相关，也是电视系统选择每秒25帧的图像率而不是24帧的原因（在美国，主干线供电频率是60Hz，图像速率是每秒30帧）。但是，使用顺序扫描方法以25/30Hz的速率显示图像，将产生如电影胶片以24Hz投影相同的摇晃效应问题。为了克服电视中的图像摇晃效应，开发了一种称为交织扫描的技术。交织扫描的原理如图5-2所示，同样为了简单起见，给出的是9-线光栅。

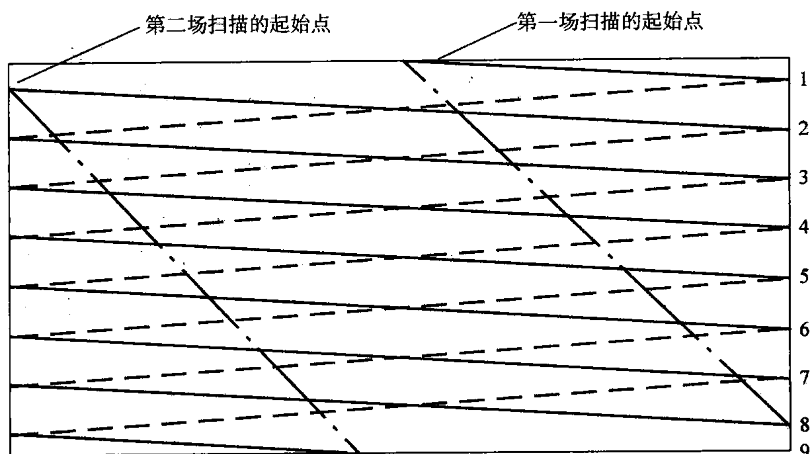


图5-2 9线交织光栅

在这种情形中，扫描点开始于屏幕的顶部中心，向下移动，在底部右手边角终止。现在场逆程将扫描点返回到顶部左侧边角，其中扫描点再次向下移动，终止于底部中心。在第一次垂直扫描期间，称为奇场，扫描奇数TV线，显示50%的图像帧。在偶场期间，当扫描偶数线时，再显示另外50%的图像帧。所以我们看到两个TV场等于一幅TV帧。原理如图5-3所示，为了简单起见，使用的

是11线光栅。



图5-3 两个交织场生成一幅完整的TV图像帧

因为屏幕的所有区域都以50Hz（NTSC为60Hz）的速率点亮，所以就去除了摇晃效应。在正常的观看距离上，眼睛不能分辨单条TV线，所以正当一条线开始消失时，就扫描了另外的两条线，一条在另一条上面。

在英国的PAL TV系统中（本章后面将介绍），垂直扫描率为50Hz，是25Hz图像率的两倍。因此在第一次场扫描中，扫描点再生奇数的312.5线；在第二次场扫描中，再生偶数的312.5线。所以在1/25s就会在屏幕上生成完整的图像。

对于NTSC系统，垂直扫描率为60Hz，是30Hz图像率的两倍。因此在第一次场扫描中，扫描点再生奇数的262.5线；在第二次场扫描中，再生偶数的262.5线。所以在1/30s（即33ms或频率为30Hz）就会在屏幕上生成完整的图像。

返回到这个问题“为了生成一个实际的625线光栅，我们需要怎样的扫描速度?”，该问题涉及图像率和图像摇晃效应的问题。下面让我们了解一下图像分辨率和系统带宽的内容。

5.2 图像分辨率

图像分辨率与一幅TV图像的清晰度有关，可以表示为垂直分辨率或水平分辨率。垂直分辨率大部分是通过构成图像的线数确定的。水平分辨率是通过系统能够沿任意一条线显示的黑白像素数量确定的。理想情况下，电视系统的最大水平分辨率应该至少等于垂直分辨率——即，每个黑或白方块的宽度等于一条TV线的厚度（宽度）。这种显示情形如图5-4所示。

虽然垂直分辨率由图像中的TV线数确定，但它同样依赖于摄像机相对于景像中图像的位置。一个系统具有越多的水平线，我们能够再生的方块就越多。但是，600线光栅将给出600线的分辨率，这未必总是成立的。如图5-4

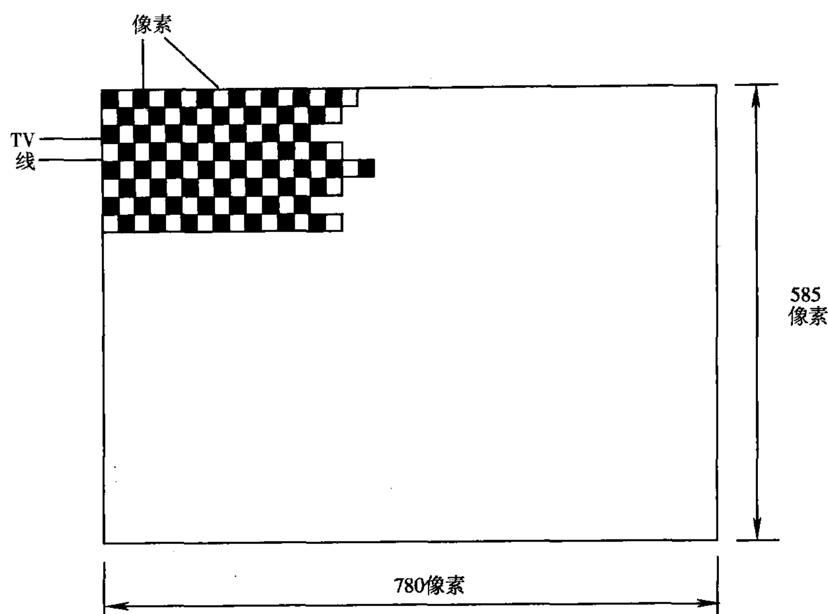


图 5-4 为一幅 625 线图像推导它的水平分辨率
（因为像素看起来如此之小，所以没有按实际比例画）

所示，当摄像机放置的位置使每条线正好在两组方块中间扫描，会发生什么？线不能同时既是黑色又是白色，所以整个棋盘式图案看起来是中等灰色的。这是一种极端情况，但它确实说明，在任意图像中，将几乎总在垂直分辨率上存在损失。

我们不考虑宽屏电视，它还没有进入到 CCTV，这样所有监视器屏幕都具有 4:3 的图像纵横比。即，虽然任何监视器的屏幕尺寸都是以对角线测量的（例如 30cm，51cm），但边的比率总是 4 等分宽 3 等分高。因为水平分辨率必须至少等于垂直分辨率，对于任意给定数量的 TV 线（垂直分辨率），水平分辨率将是 TV 线数乘以 4/3。让我们看一下对于在英国广播电视和 CCTV 中采用的 625 线系统，它是如何起作用的。

如我们已经看到的，625 线光栅是由两个场构造而来的，每个场有 312.5 线。一个场逆程的周期是 20ms。但是，这包括回扫周期，它大约是 1ms，在其间，切断电子束，为的是防止看到它向屏幕上部移动。在 1ms 中，大约将扫描 15 条水平线，但关闭电子束 20 条水平线扫描的时间，为的是确保干净的回扫过程。换句话说，在每场 312.5 线中，仅有 292.5 条线是可见的。

这意味着在两个场周期中，有 40 条线没有使用，所以，在 625 条线中，

仅有585条线实际上包含图像信息。再观察一下图5-4，我们看到，如果垂直分辨率是585条线，那么水平分辨率应该至少为585×4/3像素=780像素。

现在我们可以从不同方面、不同角度来考察，并问这样的问题：为什么选择625的线数？它是由采用水平分辨率780像素开始计算的过程中推导出来的。数字780是如何做出的呢？这是为了在一台CRT上再生棋盘式显示（见图5-5），所要求的信号驱动电压的最大频率。

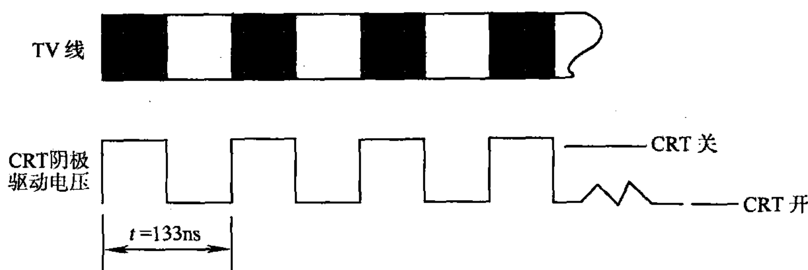


图5-5 棋盘式显示的一部分

在英国TV系统中，水平扫描周期设定为64μs；扫描周期为52μs（也称为有效（active）线周期）；回扫周期为12μs。从64μs的周期时间，我们能够推导扫描频率

$$频率=\frac{1}{周期时间}=\frac{1}{64\mu s}=15625\text{Hz}$$

对于一台显示设备，足够快速地开关以便在52μs有效线周期中再生780个像素，信号的一个周期的时间将是133ns。就频率而言，这等于7.5MHz。换句话来说，即为了再生780像素的水平分辨率，包括从摄像机到显示设备所有器件的系统将要求在0~7.5MHz的带宽频率范围。这超过了英国最早为广播电视分配的5.5MHz带宽，但后来发现通过应用称为Kell因子的措施，带宽可得以降低。Kell因子为0.7，是1933年Ray Kell通过大量研究工作推导的结果。Ray Kell在进行许多次观察测试之后得出结论，水平分辨率降低到原来的0.7倍将不会产生图像质量的可感知劣化效应。

应用Kell因子，将带宽降低到更实际的数字5.5MHz，所以在英国电视系统具有0~5.5MHz的视频带宽，这等于546像素量级的分辨率。

对于NTSC系统，水平线频率是15734Hz，得到线周期为63.6μs，水平回扫周期大约为10.3μs，有效线周期约为53.3μs。典型的垂直回扫周期为15线每场（30线每帧），产生每TV帧495条有效线（active lines）。因此，应用如下规则，即水平分辨率应该至少等于垂直分辨率，一个理想系统应该能够沿一条线再生

495×4/3×0.7（Kell 因子）像素=462 像素。这将等于 0～4.3MHz 的视频信号带宽。在实际中，NTSC 系统的视频带宽确定为 0～4.2MHz，这将产生 450 像素左右的水平分辨率。

更常见的情况是，将水平分辨率表示为“电视线”或 TVL。这项度量指标与我们刚讨论的水平像素数相关，并将在本书第 6 章介绍。

一定要记住，上面应用的数字是针对广播电视的，而随着时间的推移，一般而言，CCTV 已经使这些规范过时了。CCTV 采用现代技术的摄像机和监视器，并结合使用光纤或其他宽带传输技术，实际上能够产生优于广播电视的图像分辨率，而广播电视一直受带宽限制。但是，必须强调的是，为了在 CCTV 中取得较高分辨率，从镜头到监视器的所有设备器件都必须是高标准的，且安装必须是正确可靠的。系统中的一条劣质链路，例如多个连接器布缆不良，或镜头劣质，都将导致分辨率整体下降。

5.3 同步

由镜头聚焦到检取器件上的图像以 50Hz 和 15625Hz（PAL）的速率进行扫描。至关重要的是，监视器与摄像机以相同的速率扫描，不仅就频率方面，而且就扫描点在屏幕上的精确位置而言也都是相同的（记住，即使现代固态器件，例如摄像机 CCD 芯片和平板监视器，实际上不再扫描，但模拟视频信号仍然必须遵守与老式摄像机管和 CRT 监视器相关的 CCIR 标准。所以这就是为什么我们仍然讨论扫描方面内容的原因）。

请看如图 5-6 所示的两种情况。在情况 A 中，监视器中的电子束开始扫描一个场与摄像机开始扫描一个场的时间精确同步，所以被显示的图像出现在屏幕上它应该在的准确的相同位置，就像你直接通过摄像机镜头观察一样。

在情况 B 中，当摄像机开始一个场扫描时，监视器 CRT 中的电子束位于屏幕的中心。这样，图像的顶部左角显示在屏幕的中心，图像的其他部分发生相应的位移。垂直和水平黑条作为摄像机回扫周期被显示出来。记住在回扫周期中，切断了电子束，所以摄像机输出一个黑色电平信号。

监视器必须与摄像机同步才能显示正确的图像，为了做到这点，摄像机会生成一系列脉冲，在输出处加入到视频信号中。每次水平扫描结尾时，摄像机立刻启动行回扫，并产生一个线同步（sync）脉冲，并加入到视频信号。类似地，在每次场扫描的末尾，一个场同步脉冲加入到视频信号。因此，在一个 20ms 场周期中，摄像机将输出 312 个线同步脉冲和 1 个场同步脉冲。在一个完整的 TV 帧（40ms）全部的 625 线中，将从摄像机输出两个

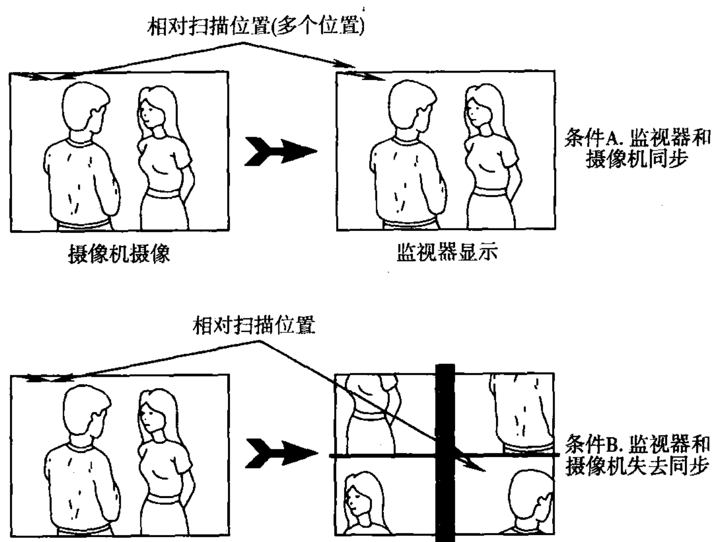


图 5-6 当摄像机和监视器不同步时，在显示器上的效果

场同步脉冲。

线同步和场同步脉冲的波形和时序是复杂的，仔细研究这些复杂现象的成因超出了本书的范围。但是，重要的是，当在示波器上看到这些信号时，工程师能够识别它们。

线同步脉冲如图 5-7 所示。监视器将在出现脉冲的第一个下降沿的时刻（紧随前沿）启动行回扫。注意脉冲的整个时长是 12μs，等于行回扫周期。前沿（front porch）设定为视频信号波形中等于黑场的电平，确保在回扫期间电子束被切断。这被称为消隐周期（blanking period）。

当用示波器观察摄像机的输出时，场脉冲实际上看起来根本不像一个脉冲。这是因为它由一系列脉冲构成，开始是 5 个均衡脉冲（equalizing pulse），接着是 5 个我们称为场同步周期的脉冲，最后是 5 个或 4 个（取决于是奇场还是偶场）以上的均衡脉冲。在监视器处，从视频信号剥离之后，这一系列脉冲通过一个低通滤波器将它们合成单个脉冲，这个脉冲就是场同步脉冲。完整的场同步周期如图 5-8 所示。

紧随场同步周期之后，会发出一系列黑线（black lines）。在场回扫期间，为了确保电子束是关闭的，这些线是至关重要的。如前所述，在场-消隐周期中有 20 条线（NTSC 是 15 条线）。在英国广播电视传输中，在这个周期期间传输电视文字广播（teletext）信息，虽然这对于 CCTV 工程师而言看来不重要，但在场逆程期间传输数据的思想已经被绝大多数 CCTV 遥测控制设备制造商所采用，

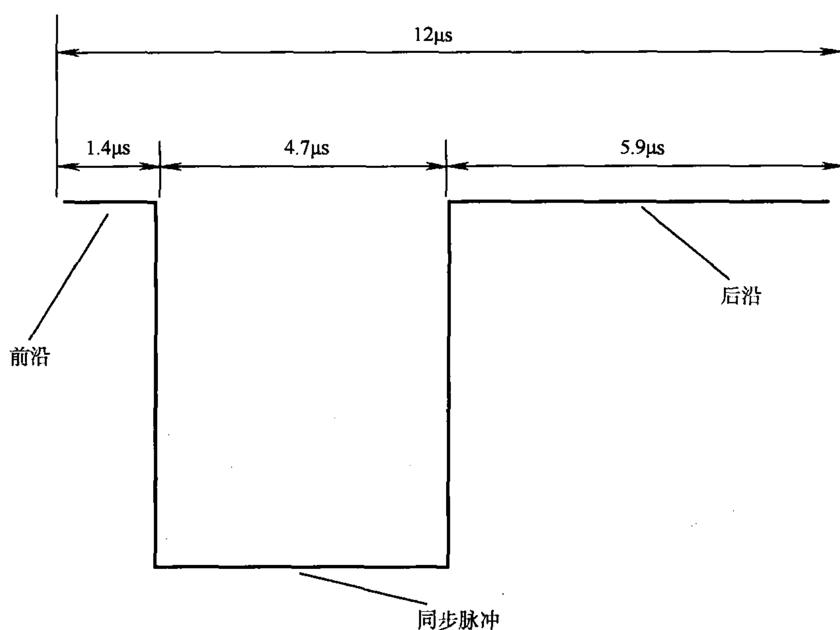


图 5-7　线同步脉冲

时序参照625线系统。对于525线系统，消隐周期是10μs，具有类似的前沿和同步周期比例

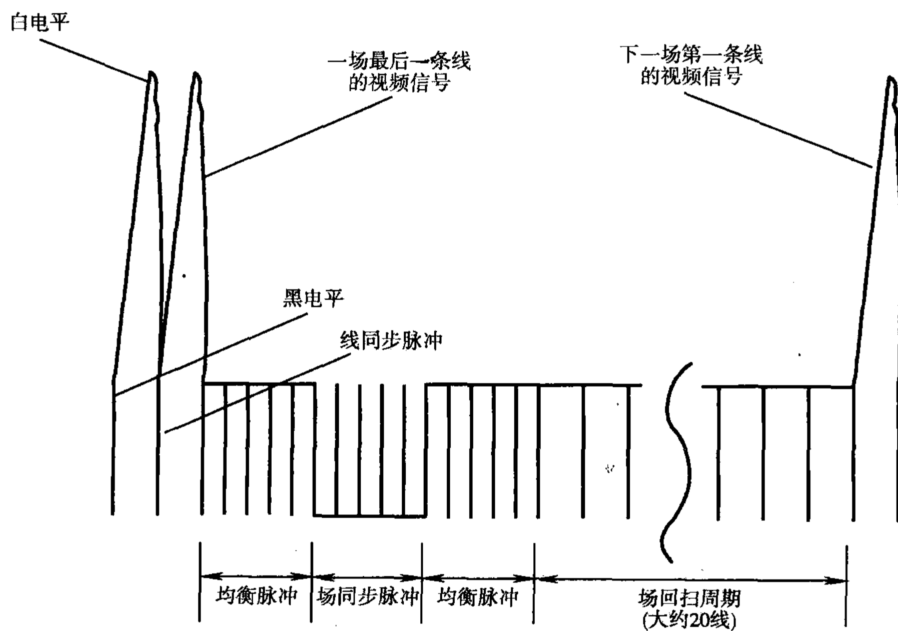


图 5-8　场同步和逆程周期

且摄像机控制数据是以非常类似于电视文字广播数据传输的方式在这个周期期间发送的。这方面内容将在本书第10章中介绍。

同步是非常重要的，且同步脉冲的任何损失、失真或衰减都将导致垂直颤抖或滚动，和/或水平拉伸或滚动。这样的问题在CCTV安装中太常见了，且可能是许多因素（一起作用）的结果。这里仅提到一些问题，例如，在系统中的不同点之间可能存在不同的地电动势，错误或不正确地安装线缆和/或连接器，不适用的线缆或连接器，中断同步信号的劣质摄像机开关器件，以及在监视器或其他设备上端子开关的放置不正确。所有这些问题在本书的相关章节都会有所讲解。

5.4 亮度信号

亮度（luminance）信号，常常缩略为luma（亮度），并用符号Y表示，是用来满足眼睛中视网膜杆状细胞所要求的黑白信息的。它包含与光亮（brightness）和对比变化相关的信息。黑白单色摄像机输出一个亮度信号和同步脉冲。彩色摄像机通过以合适比例加入红色、绿色和蓝色，产生亮度成分。

可以证明，一个单位的亮度是由按比例的红光、绿光和蓝光遵从下式形成的：

$$1Y = 0.3R + 0.59G + 0.11B$$

在彩色摄像机中的信号处理阶段采用矩阵方式，正是按这样的比例加入R、G和B信号，生成亮度信号的。

在电视中使用的一种常见测试模式是8个柱条彩色显示模式。色彩的顺序是这样的，当去除色彩时，竖条在左侧呈现白色，在右侧呈现黑色，在二者之间是降序的灰色，这被称为灰度等级。为了生成这个显示，要求CRT阴极管处的亮度信号为阶梯波形（staircase waveshape），看一下图5-9就会明白这个名字是如何产生的了。记住，单个阶梯波形仅生成一条TV线，为了生成一个完整的帧，要求总数为585个这样的阶梯波形，加上场逆程消隐的40条黑线。

当从白峰值到同步尖峰电平进行测量且设备的输入/输出阻抗为75Ω时，CCIR标准要求沿一条线缆传输的亮度信号的电压电平应该是1*V*pp。在这个1*V*信号中，图像成分将不超过0.7*V*（总信号电平的70%），且同步脉冲将是恒定的0.3*V*（总信号电平的30%）。

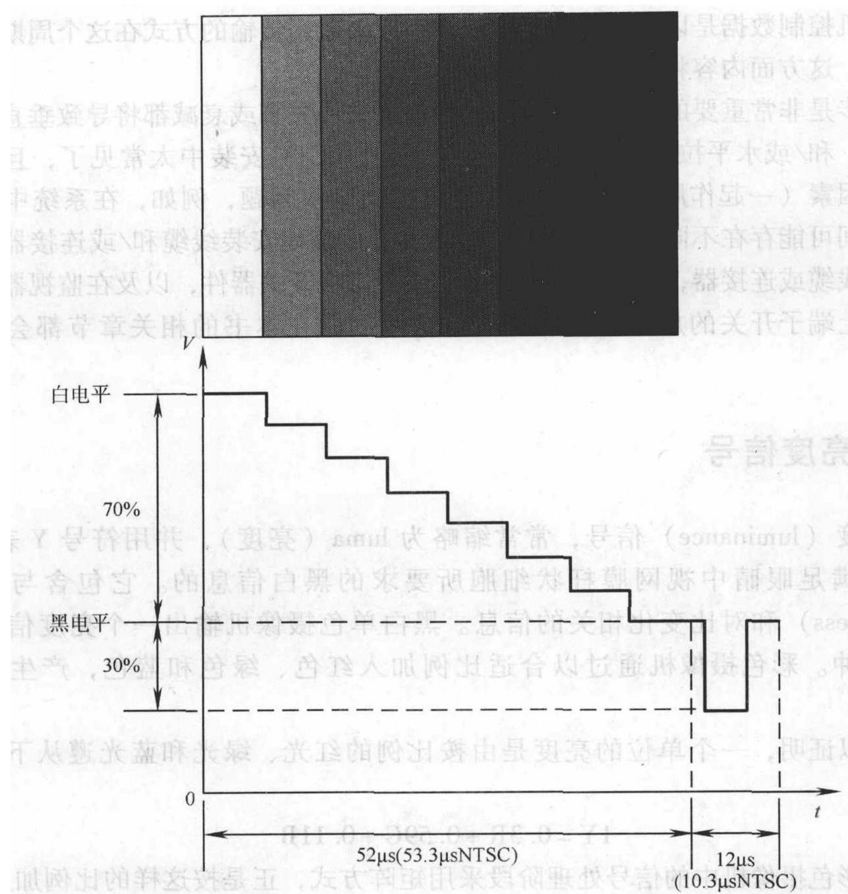


图 5-9 施加到一台显示设备的阶梯亮度信号生成 8 个灰度级别的柱条

5.5 色度信号

包含彩色信息的色度或 chroma（C）信号是远较亮度成分复杂的，虽然对于 CCTV 工程师而言，没有必要完全精通这项理论，但有一些本质特征是必须了解的。

英国采用的彩色系统称为 PAL 系统，PAL 是相位交错线（Phase Alternating Line）的缩写。PAL 是从美国 NTSC（National Television System Commitee，国家电视制式委员会）彩色电视系统中演化形成的，NTSC 系统用在美国、加拿大、日本以及南美洲的部分地区。PAL 的先驱是法国的 SECAM（Sequential Couleur Avec Memoire）系统，但它在世界范围内没有被广泛使用。这三种电视系统并不是直接兼容的，工程师们必须了解，当他们遇到具有开关（机械开关或选项按

钮）的设备时，这些开关允许选择不同制式的系统。例如，一台 DVR 将开关置于 NTSC 模式时，如果它连接到由 PAL 摄像机和控制设备组成的一个系统，它将记录黑白信号以及同步错误信息。

为了让监视器生成彩色图像，没有必要传输所有的三种基色。这是因为 Y 信号已经传输，并且有 1Y = 0.3R + 0.59G + 0.11B，我们知道，如果我们传输任意两种基色，通过将这两种基色和 Y 信号形成矩阵，就能恢复第三种基色。例如，如果我们不传输绿色，在监视器中的一个矩阵电路就可执行函数 G = 1Y - 0.3R - 0.11B。三种颜色信号中的任何一种信号均可省略，但选择绿色是因为它在 PAL 彩色编码器中被处理之后，是三种彩色信号中最小的，因此在传输过程中更容易被噪声淹没。

为了有助于红色和蓝色信号的传输，就有必要降低它们的幅度。由于亮度是独立于彩色信号发送的，通过从红色和蓝色信号中去除亮度成分，会产生彩色差分信号 R-Y 和 B-Y，就有可能得到这样的幅度降低。但是，还有必要进一步减少彩色差分信号，因此摄像机将一个加权因子应用到每个差分信号。加权信号称作 u 和 v。u 信号包含 B-Y 信息，v 信号包含 R-Y 信息。

为了传输 u 和 v 信号，必须为它们调制到一个载波。调制是这样一个过程，两种信号以某种方式叠加到一起，使它们能够在空间（space）上或沿一条线缆进行传输。一个信号是所需的信息，另一个信号是高频载波，用于将信息“运载”到接收设备，此后会丢弃载波。其原理如图 5-10 所示。

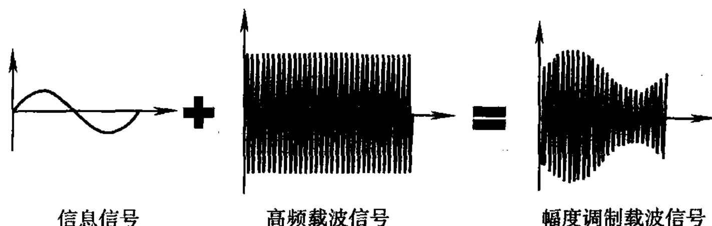


图 5-10 幅度调制原理

在 PAL 彩色系统中，称为彩色子载波的载波具有非常精确的频率——4.43361875MHz。虽然常常称之为 4.43MHz 子载波。类似地，对于 NTSC 系统，3.579545MHz 彩色子载波称为 3.58MHz 子载波。选择这些准确的数字，是为了确保彩色信号对高频亮度成分形成最小的干扰，原因如图 5-11 所示，我们可看出彩色子载波位于亮度频带内部。

系统命名为 PAL 是因为 v 信号在每条 TV 线的末端将其相位改变 180°。这是 PAL 系统的独特之处，并被用来为相位误差提供固有的纠正措施。这个误差是当色度信号通过传输媒介时，在色度信号中发生的。这样的相位误差将导致显著的

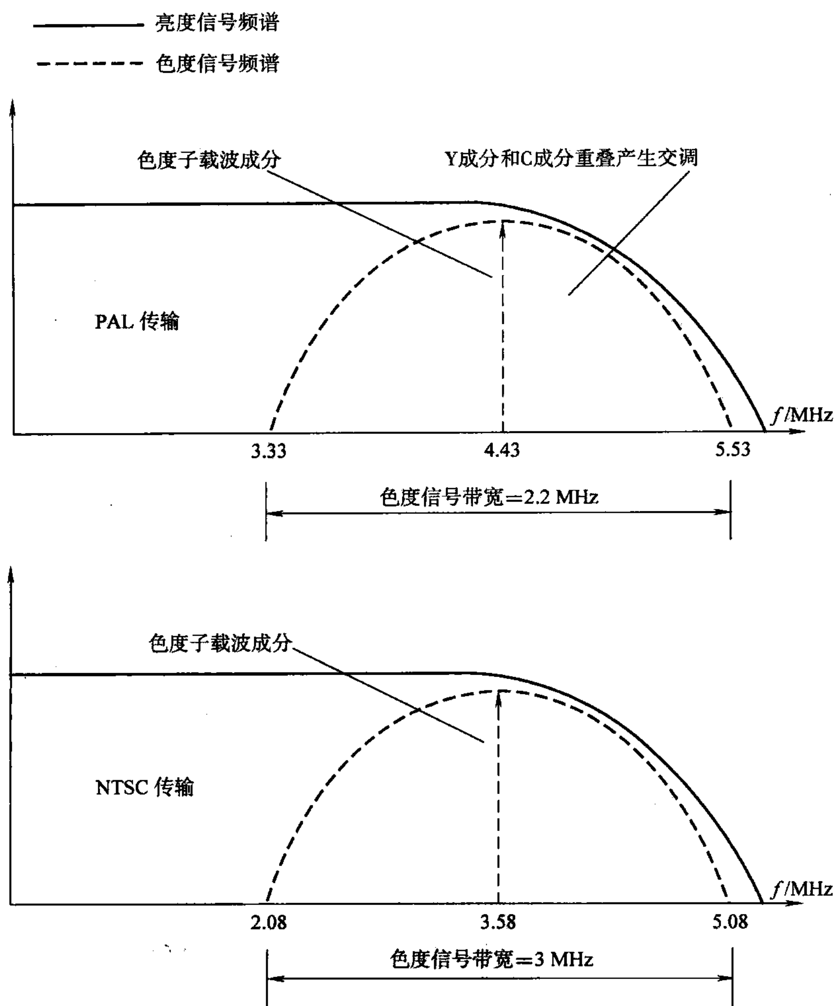


图 5-11 亮度和色度信号之间的频率关系（PAL 和 NTSC 传输）

色彩误差。

彩色监视器或 VCR/DVR（超出本书的介绍范围），是用一种晶体振荡器生成准确的 4.43MHz（NTSC 为 3.58MHz）子载波的。但是，这个振荡器不仅要产生一个准确的频率，而且其输出必须与来自摄像机的子载波处于准确的相同相位。为了做到这点，摄像机中会产生色度突发（chroma burst）信号。这个突发信号由子载波的 10 个周期组成，并被放在每个线同步脉冲的后沿（back porch）。色度突发信号可看作监视器或其他处理设备中彩色处理电路的同步脉冲，如果由于某种原因，该信号丢失，在所有设备中的解码器相应的缺省操作为黑白模式。

如果摄像机正在生成一幅标准 8 竖条彩色显示图像，那么在示波器上观察，

色度信号将看起来像如图 5-12 所示的样子。在黑白条周期期间，没有彩色信号。在黄色和蓝色条之间，存在幅度-调制的子载波。也要注意在线同步周期后沿（back porch）的色度突发信号。

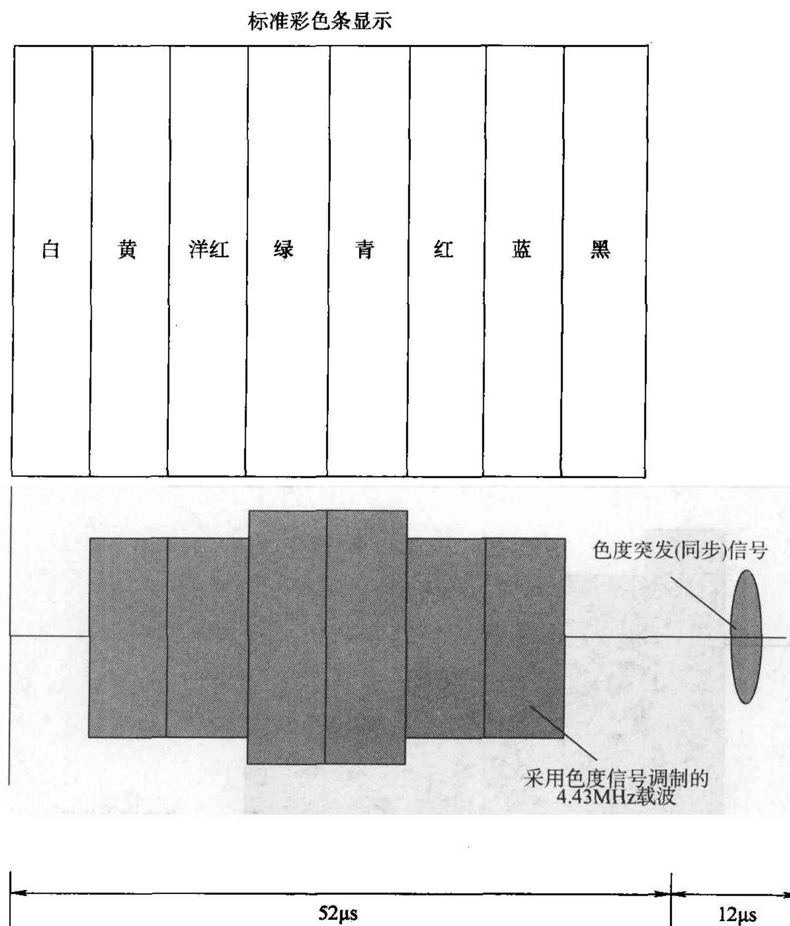


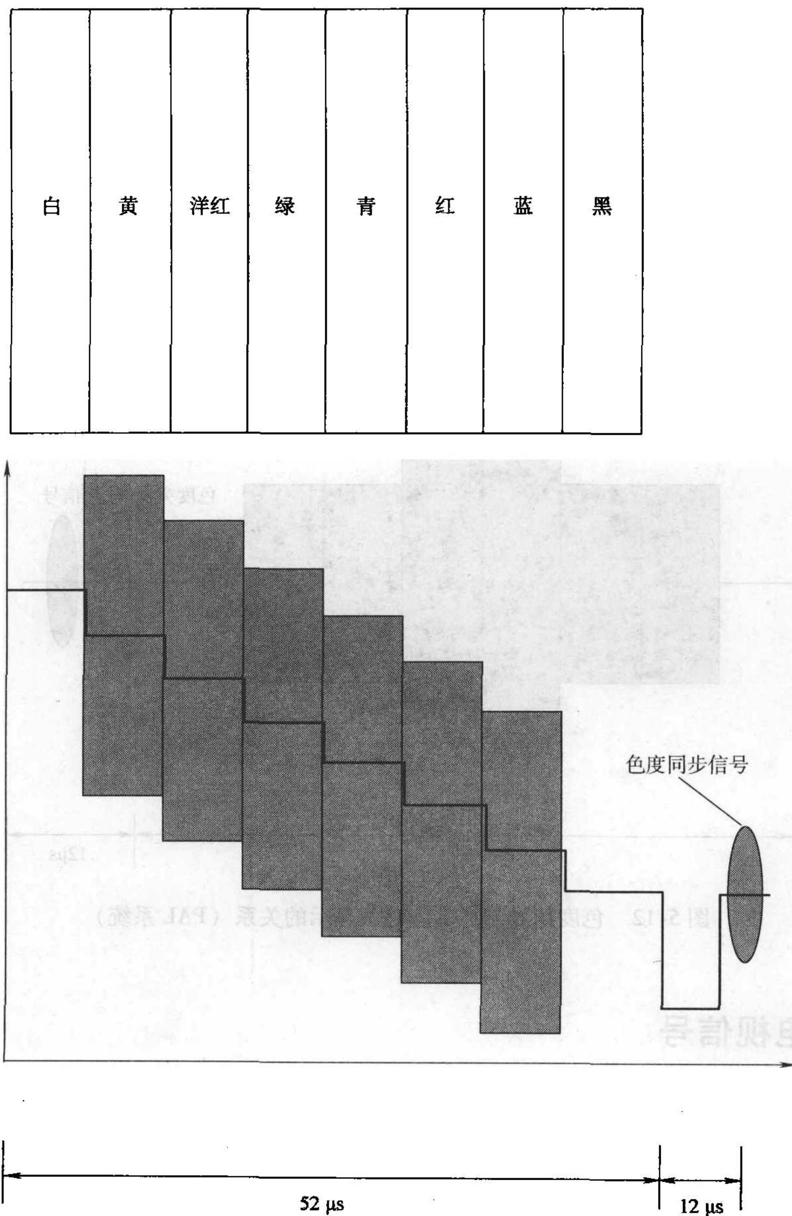
图 5-12　色度信号与标准彩色条显示的关系（PAL 系统）

5.6　电视信号

当摄像机向监视器发送亮度和色度信号时，有许多种传输方法可供选择。在 CCTV 产业中，也许最常见的方法仍然就是使用复合视频方法，也就是沿同一根同轴线缆同时发送亮度和色度信号。相比于其他可用的方法，其主要优势是成本低，原因是从每台摄像机以及控制室中每台设备之间仅须用一条同轴线缆。

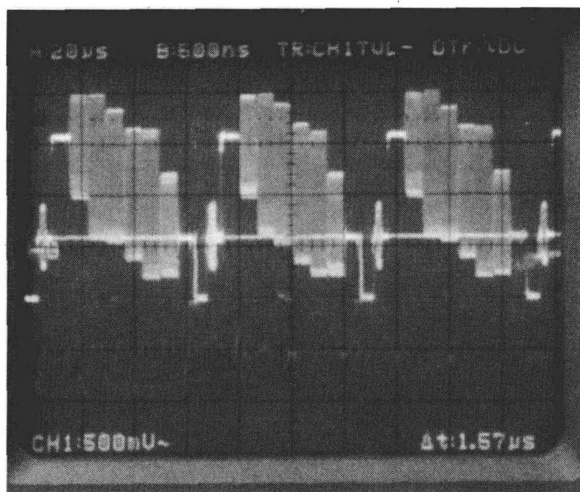
当混合这两个信号时，色度信号倾向于加在亮度电压波形之上。如果我们将

如图 5-12 所示的色度信号加到如图 5-9 所示的亮度阶梯信号之上，那么我们就得到一个复合视频信号。这个加入过程如图 5-13 所示，其中 6 个彩色条的色度信号位于相应亮度梯度之上。注意色度突发信号位于水平同步信号的后沿（back porch）。这张图也提出另一点：在前面已经说明，视频信号的 CCIR 标准是 75Ω



a）复合视频信号，其中被调制的色度载波位于亮度信号之上

图 5-13 复合视频信号



b）当在示波器上观察时，复合视频信号可能呈现的波形

图5-13 复合视频信号（续）

时为1Vpp，但当在示波器上观察彩色信号时，通常看来这个信号要高于此标准，即使信号正确的情况下也如此。出现这种情况的原因是，与黑白单色（亮度）信号电平相关的CCIR标准（见图5-9）是在同步脉冲顶部（sync tip）和白色峰值电平之间测量的。当加入色度信号时，蓝色和红色成分频繁地超过同步脉冲顶部电平。结论是，当使用示波器进行视频信号波形的准确测量时，应该使用黑白单色信号。另外，如果使用彩色条显示，就准备接受在1.8Vpp量级的信号电平。

复合视频的劣势是会有交叉调制效应。这种效应是指，频率在4.43MHz左右的亮度信号成分与4.43MHz色度信号成分（NTSC为3.58MHz）混合的情形。一旦这些信号混合（复合），模拟式VCR和监视器就不能将它们分离，显示的图像就包含干扰信号。这个干扰在存在高分辨率亮度的图像区域呈现为彩色图案。经典范例是在广播电视中频繁看到的，一个人的着装看来是带有精细图案的上衣或夹克，离摄像机有一定的距离时，在其衣服上就呈现彩虹效应。

交叉调制效应是能够避免的，方法是在摄像机和监视器的每个点保持亮度和色度信号是分离的。这种信号传输方法称为Y/C。

许多CCTV摄像机、VCR和监视器，以及其他控制设备都通过4针S-VHS插座（见图5-14）提供可选的Y/C。这样可以在一对导体（引脚1和3）传输亮度信号，在另一对导体（引脚2和4）传输色度信号。其好处是每对导体是独立的同轴线缆，确保亮度/色度信号不会混合。但其不足之处是为了实现系统，每台摄像机就要求两条同轴线缆，而且使事情更加复杂的是，要求适配器方面要将大型BNC连接器适配

到非常小型的Y/C连接器。现实中，人们从来没有打算将这种设备用于CCTV系统之中。在实践中，通常认为，在完整的CCTV系统安装中使用S-VHS代价过度高昂且不现实。这些连接器的使用限于如VCR输入/输出的场合等。

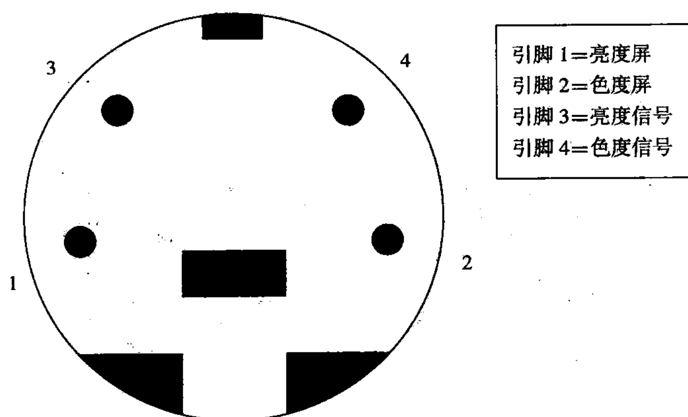


图5-14 S-VHS连接器引脚连线图

在CCTV中，如果图像分辨率是特别重要的情况下，由交叉调制效应诱发的损失是烦人的；但是，在模拟传输系统中没有划算的方法可避免这种损失。在模拟信号被数字化之后，就有方法在控制室检测并大部消除交叉调制效应，但这种设备仍然成本高昂，且仅对较大型安装可行。另一方面，从摄像机到控制室，都采用数字视频信号，并采用S-VHS连接器连接监视器，其情况是存在不同的。

5.7 数字视频信号

将信号的形式从模拟转换为数字并不是什么新概念。事实上，如同现代计算机中采用的许多原理一样，在用相应技术来制造能够执行操作的设备之前，与其相关的复杂数学方法在许多年前就解决了。

现在我们都熟悉数字音频，它以各种磁带格式的形式存在了约数十年，并以光盘的形式存在了许多年。但数字视频的问世，却用去了更长的时间。这种情况是有充分原因的。数字化视频信号比任何时间等长的音频信号，占用的数据要多出数倍，且即使采用如今计算机的高容量硬盘，在不使用数字视频压缩技术的情况下，一块80G字节的硬盘也只能存储数分钟的视频信息。正是视频压缩技术的发展使数字视频成为可能，但这种压缩技术完美的发展成熟，以及研发芯片组并制造生产足够的数量使之商用却用去了许多年的时间。

模数转换的过程是非常复杂的，但简单的概括如图5-15所示。

视频信号馈入电路，每当出现一个时钟脉冲时，开关就会短暂地闭合一段时

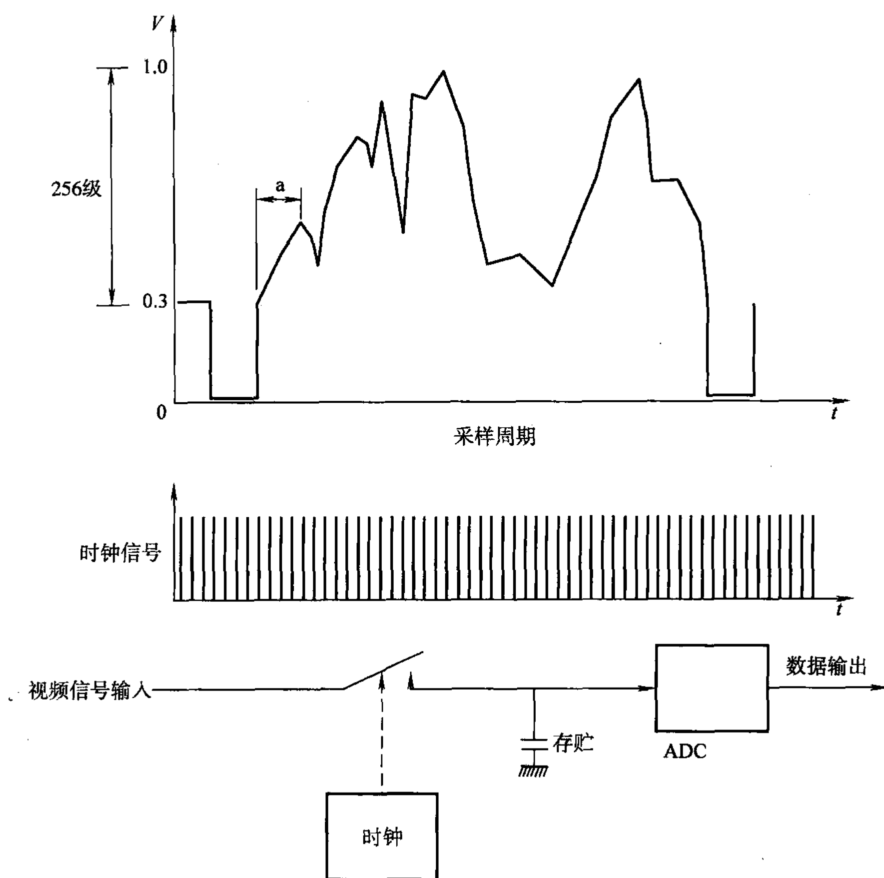


图5-15 模数转换原理

间。对于图5-15所示的情况，我们必须假定电容器能够即刻充电到视频信号的瞬态电压电平。当第一个时钟脉冲到达时，开关闭合，电容器充电。在第一个时钟脉冲和第二个时钟脉冲之间的短暂时间内，模数（A/D）转换器测量电容器上的电动势，并确定对应于这个电平的一个8比特二进制数。当第二个时钟脉冲到达时，电容器充电获得对应于此时视频信号电平的一个新的电压电平。A/D转换器为这个电平确定一个8-比特字，之后重复循环。

8-比特二进制数具有从00000000到11111111之间的256种组合，意味着视频信号可能有256种电压电平。A/D转换器是这样工作的，测量电容器的电压，并将最接近的256种电压数值的对应二进制字确定下来。注意这些电平不包括同步分量，因为A/D转换器仅采样0.7Vpp视频信号分量。同步脉冲具有恒定的电平、频率和时长，因此可由一个简单的数据字符串表示。

当然，为了电视监视器或VCR能够处理信号，必须首先从其数字格式转换

回模拟波形。这称为数模（D/A）转换。正是在这里，与数字化视频信号相关的问题变得突出。参见如图 5-16 所示的视频信号部分。如果连接到一台监视器，模拟信号将生成伴随一条 TV 线的稳定亮度灰度图像。但是，在 A/D 和 D/A 处理之后，因为信号是以时钟速率采样的，所以线性视频波形是一系列阶梯形。当在监视器上观察时，将呈现为具有亮度增加的一系列微小矩形块。

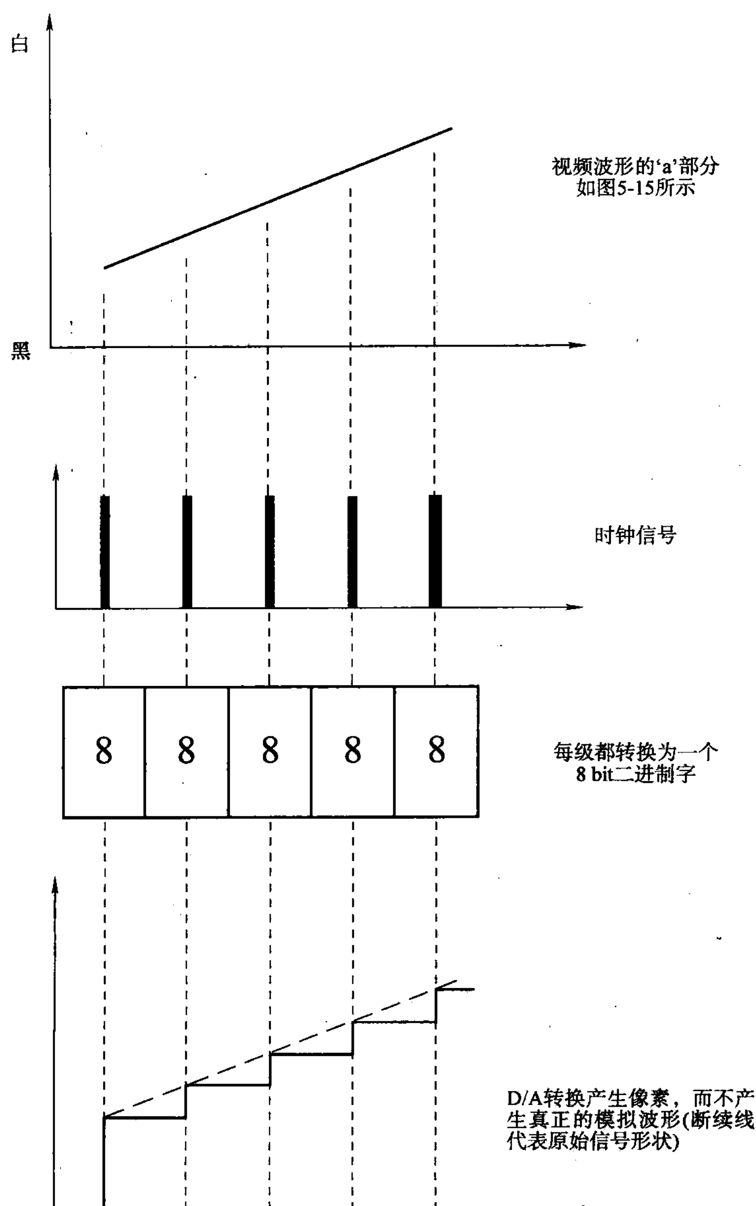


图 5-16　模拟到数字/数字到模拟的转换处理

阶梯之间（或亮度递增量）可通过增加时钟速率使之变小，但这意味着我们为每条TV线生成更多字节的数据。为了进一步论证，让我们假定要生成如图5-4所示的780像素图像。这意味着，对于每条有效TV线，将有780字节，也就是6240比特的数据。在1s内，我们将生成3.7M比特×25=92.5M比特。除以8，将之转换为字节，我们每秒就有11.6M字节！所以，现在可看到，如果我们有一块80G字节的硬盘，将能够存储80G字节÷11.6M字节/s=115min的黑白视频信息。如果是彩色视频信号会将这个时间减少50%。

上面的数字仅是一个例子，但它们清晰地说明了一旦视频信号被数字化，会产生多少数据。有很多方法可以增加80G字节硬盘的“录制时间”。例如，实际上我们并不要求信号分成256个等级（电平）。我们可使用6-比特二进制字表示每个视频信号电平。这将仍然给我们提供64等级的灰度，产生合理的、可接受的图像，并将存储时间增加到155min。

增加录制时间的另一种方法是降低录制TV图像帧的实际面积。换句话说，不录制完整的TV帧面积（区域）。粗略一看，这看起来多少有点奇怪，但当我们考虑到许多固定CCTV镜头的视场都包括不相关的信息（例如砖墙或天空）时，为什么要浪费宝贵的磁盘空间录制这样的信息呢？

5.8 视频压缩

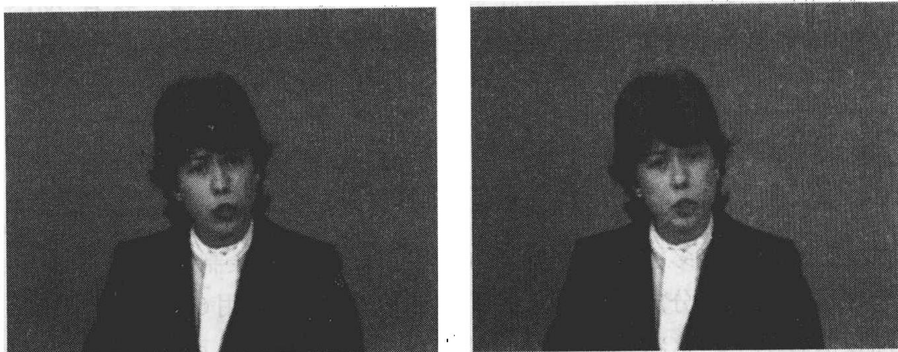
虽然这个过程涉及到一些最复杂的数学方法，但以简单术语来理解还是可能的。理想情况下，压缩是指从数字化视频信号中去除一些数据的过程。我们知道这些信息从存储设备“回放”（过程时），能够一定程度地得以恢复。这里强调“理想情况下”是因为在实践中，情况常常不是这样。为了使数字记录设备获得较长的存储时间，经常要应用高等级的压缩方法——代价是（损失）回放图像的质量，因为对于解码器而言，恢复所有的丢弃数据是不可能的。

恢复数据有许多方法（因此首先不必要传输/存储这些数据）。这些方法中的一种是采用不同形式的冗余。空间冗余去除一幅帧内部的重复信息，时间冗余去除许多帧间的重复信息，色度冗余去除重复的彩色信息，感知冗余去除（人们认为）与图像无关的信息（即观看者不会关注它）。

为了说明时间冗余，观察如图5-17a所示的电视图像。对于几乎所有的TV图像而言，有一样东西是相同的，即在一个TV帧和下一帧之间（1/25s），多数图像信息不会改变。因此，一旦将所有这些图像数字化并进行存储，为什么要一遍遍重复存储相同的数据呢？明显地，多数时间某些区域（我们指背景区域）是静止的，即除非摄像机遥摄，或图像切到另一个镜头，这些区域才会变化。

图5-17b所示通过仅给出一帧和后续帧之间的差异信息，清晰地说明了时间

冗余的作用。从这幅图中，我们开始意识到，在最后重建图像而不损失信息的情况下，仅在传输/存储后续帧中就可去除多少数据。



a）包含大量冗余信息的一幅典型的电视图像（在这个范例中，两幅连续TV帧，在脸部具有细微的变化，身体具有极其微小的运动）



b）图示说明时间冗余（这里仅显示两个连续帧之间的变化（图示获得 Tim Morris 的许可））

图 5-17　时间冗余

所以，压缩数字视频信号的一种方法是去除重复数据（呈现冗余的情况下）。为了重构图像，在我们的范例中，压缩解码器直接不断地重复使用相同的数据生成墙壁和地面。另一种压缩方法是预测法。再看一下图 5-17 中的范

例，当摄像机遥摄时，所有重复的数据将以相同方向运动。了解到这点，压缩处理芯片会生成相对少量的数字数据信息，不用传送所有墙壁和地面区域的数据。这些数据信息将在恢复过程中，用来逐帧预测墙壁和地面将移到的位置。换句话说，正像前面一样，相同的数据不断地重复使用，仅是现在在屏幕上到处移动而已。

如在本节开头所列出的，我们不能期望大幅压缩信号的情况下，而质量方面不会有所损失（这是不太可能的）。压缩芯片组的设计，可以让使用它们的设备制造商设定压缩的等级，其规则非常简单。大幅压缩导致大量冗余数据，这意味着可以使录制时间更长，但代价是图像质量的降低。最小压缩意味着需要存储大量数据，减少了录制时间，但会生成高质量（分辨率）的图像。

压缩是以输入压缩系统的数据量与输出的数据量的比率进行度量的。因此，压缩率1:1表示没有压缩，5:1将表示在输出处数据为输入的1/5，10:1表示输出了1/10，等。

数据的解压缩过程涉及到读取存储的数据，并对之实施复杂的数学算法的过程。原始信号恢复的成功与否取决于保留的原始数据量（即施加的压缩量）和算法的有效性（即推导的良好程度）。“无损压缩”用得越来越多，但首先其应用的压缩很小。在本书撰写之时，即使对一幅图像施加中等量的压缩，一些信息会有明显的损失和/或瑕疵，甚至当仅对某种类型的图像信息进行压缩时也是如此。这是因为到达某一点时，解码器必须就什么信息应该放回到某个图像位置做出“最优猜测”，而每次出错时，就在图像上生成一个不期望的像素（即一个瑕疵）。

将特定压缩率与任意给定数量的瑕疵联系起来是困难的，这是因为存在太多的变量。对于任一给定的压缩率，压缩瑕疵变得明显的点取决于图像信息、使用的压缩类型、制造商和处理电路采用的算法。尽管如此，为了协助安装人员和用户，制造商经常将给定压缩率与已知的模拟格式（例如VHS和S-VHS）进行比较。在实践中，做出直接比较是困难的，因为由数字压缩误差产生的瑕疵经常将以非常不同的形式展示出来，这些瑕疵不同于由模拟处理产生的瑕疵。但做出这样的比较，确实在如何呈现再生图像方面，起到了给出一些想法（观念）的目的。

5.9 MPEG-2压缩

数字CCTV设备采用两种压缩形式之一，MEPG或小波。

MPEG（活动图像专家组（Moving Pictures Experts Group）——在1988年由ISO成立的一个实体，为音频和视频压缩设计标准）视频信号压缩格式是一种非常有效的、鲁棒的和可靠的压缩格式。MPEG-2是由MPEG（MPEG-1）自然演

进发展而来的，虽然它在许多 CCTV 设备中使用，但它主要是围绕广播电视和家庭娱乐而开发的。

TV 信号可被看作是四维的，具有如下属性：采样、横轴、纵轴和时间轴。所有这些都可由压缩编码器用来测定冗余信息，MPEG-2 采用三种类型的压缩方法测定以上四个方面。

第一种类型是时间冗余，也称作帧间（P 帧）压缩（因为它是应用于帧之间的）。这种类型的压缩考虑到如下事实，即从一帧到下一帧的多数视频信息是相同的，因此只需要传输帧之间的差异。如图 5-18 所示，在这种情形中，假定摄像机角度是固定的，帧间仅有的显著变化将是图像中间车辆的运动。因此，我们看到，在整个图景中，当车辆在绕拐角运动时，为了说明这个范例，我们将运动假定持续 3s，那么这 75 帧中的大量数据将是等同的。如果仅传输与图像信息变化相关的数据，那么就可能将数据内容降低 90%。

第二种类型是空间冗余，也称为帧内（I 帧）压缩，原因是它仅应用在单帧内部。图 5-19 所示，假定有 720 TVL 的水平分辨率，在每个有效线（active line）周期，720 线亮度中的许多采样或像素将是等同的。因此，可以这样做，即惟一必要的是传输一个序列中的第一个像素，并通知解码器该像素必须重复的次数。例如，图 5-18 所示图像的第 10 行，我们知道，并不用以每个像素 8 比特地传输 720 个像素的数据，仅需要发送编号为 1 像素的 8 比特数据，加上与位置（第 10 行）和重复次数（719）相关的少量数据即可。

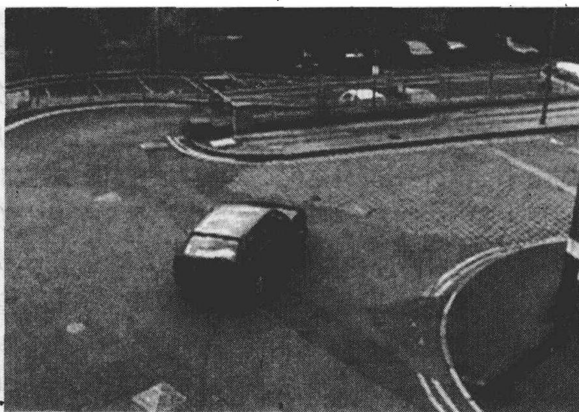


图 5-18 在这幅剪图中惟一可见的是汽车的运动，因此绝大多数视频信息仅需针对第一帧传输

帧内压缩也利用了如下事实，即，一般而言，视频的幅度成分随频率的增加而降低。因此，如果我们给频谱的高频端指派较少的比特数据量，那么就能进一步地节省。但是，这将在包含大量细节的图像区域中引入额外的噪声，但是，只要处理不是太过，人眼不会轻易地分辨出这一瑕疵。

第三种类型是统计冗余，也称为预测或运动补偿。再看一下图 5-18 所示的图像，一旦汽车完全在镜头视野内，在 75 帧的视频剪图上生成像素运动的图像，对于编码器而言就是一个相对简单的操作。因此，就不必要传输帧间变化相关的

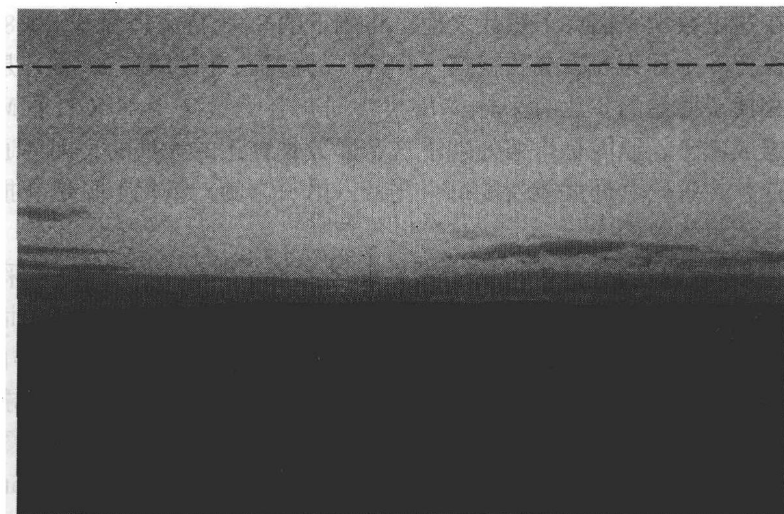


图5-19 720 TVL的水平分辨率图像

所有数据，仅需简单地传输解码器要求的每个帧间移动像素的预测数据即可。

数据可以进一步精简，方法是以短编码替换规则的、可预测的线同步和场同步信号。这些短编码可以向解码器指出这些同步周期的开始位置。类似地，短编码可用来指示黑电平（black level），黑电平频繁地出现于多数视频信号中。最后，以较短编码（简单地表明重复次数）替换“0”或“1”的长（多次）重复能够相当大地降低数据量。

图5-20说明了MPEG是如何排列TV帧来进行存储以及之后如何传输到解码器的。如图5-20所示，一个I帧如何在每12帧中传输；作为一个“详细的”参考块，P帧（预测帧，Predicted Frame）交织在I和B帧之间。B帧（双向帧Bidirectional Frame）是单纯地由相邻P和I帧的内插信息构成的。这个系统的一个弱点是，I帧的一个错误将传播到直到下一I帧之前的帧序列。这样一个错误将持续大约0.5s。一个序列中稍晚发生的错误将持续较短的时间周期。如图5-20所示的12帧周期是与典型的广播型MPEG-2传输有关的，虽然在实际中，编码器设计人员可采用较多或较少的I帧，这取决于应用和/或期望的压缩量。

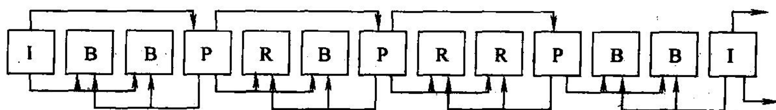


图5-20 由I、P和B帧组成的MPEG帧结构

到现在，如果我们认为已经尽可能地减少了数据，就是有情可原的。但是，

正是在这里数学家们有了用武之地。将剩下的8-比特采样排成8×8矩阵，对该矩阵执行一个称为离散余弦变换（DCT）的过程。该过程之后接着是一个量化过程，相比于原始的8比特采样，每帧数据就会大量减少。DCT是MPEG的一个关键组成部分，原因是压缩处理中这个部分是真正的无损的，因为通过将数学过程求逆，在解码器处就能恢复每个比特。另一方面，量化上显然有损失，且这些损失是不可恢复的。

在编码和解码过程中，可能发生许多错误。甚至在MPEG中采用错误纠正的措施下，也可能发生数据错误。这是因为，如果一个错误太大的话，图像的整"片"将被拒绝采用，因为帧内部数据排列的方式。虽然不是这样的一个错误，解码错误也可能发生，这是因为冗余处理中的过度去除（信息）导致的（即高压缩率）。在大量信息被确认为冗余的情况下，原始数据（也就是图像）就没有可能得以恢复。这导致图像区域上的"成块"效应（模糊，pixilation）。最后，因为在编码器处的"过载"，数据可能是不足的。过载是这样的，其视频剪图包含大量高清晰的、快速变化的信息。在这样的情形中，每帧与连续镜头中的相邻帧具有细微的相似性，因此如果存在任何冗余的话，也是少量的。结果就是，编码器不能输出大量数据（这对传输图像是必要的），导致大面积的模糊和/或产生许多静止帧。在CCTV系统中，当摄像机快速遥摄时，就会频繁遇到这种情形。

5.10 MPEG-4压缩

MPEG-4压缩格式在1998年10月就有了，这种压缩格式可被看作是增加了大量额外功能和特征的MPEG-2。基本的压缩/解压缩仍然与MPEG-2保持相同，即它仍然采用空间和统计冗余、8×8像素块和DCT算法。MPEG-4的不同之处在对系统和设备设计人员可用的功能选项中。

前面已说明，MPEG-2是主要围绕广播和家庭娱乐产业而开发的，即围绕数字电视、环绕立体声、DVD等。但是，必须记住，这些都是二维视频格式，要求具有良好声音质量的高分辨率图像。到20世纪90年代早期，变得清晰的是，商业电影/TV/娱乐技术、计算机技术和通信技术（特别是Internet和网络通信）这三种新出现的技术正快速地融合，从而促成了这种多媒体视频和音频内容压缩/解压缩的通用标准。

为了满足这个要求，MPEG设立了MPEG-4委员会，为其分配的任务是制订合适的标准。他们的第一届会议在1993年9月召开。委员会分析了所面临的问题，他们意识到设定单集合压缩不变的规则（像MPEG-2一样）将不能满足融合各技术复杂的和变化的要求。最后他们设计的是所有种类的数字视频/音频操作变换工具，都包括在MPEG-4标准之中，系统和设备设计人员能够从中抽取

相应工具（组成系统或设备）。结果就是，采用 MPEG-4 并执行相同功能的不同设备部件，实际上可能利用不同工具集合完成它们的目标。从 CCTV 设备的观点来看，许多可用工具和功能并不是真正相联系的（因为它们分别属于多媒体生产和分发领域）。尽管如此，一些 CCTV 设备确实采用 MPEG-4，因此对于 CCTV 工程师而言，具有 MPEG-4 的整体概念是有益的。

所以除了 MPEG-2 所提供的功能之外，MPEG-4 又提供了什么功能呢？首先，MPEG-4 具有利用小波算法（本章后面将进行讨论）形成 3D 和 2D 物体结构图的能力，虽然在本书撰写之时，还没有人实际上成功地开发实时地识别这些物体的一种方法；另一个显著特征是它的鲁棒性，甚至当比特错误率较高时它也是鲁棒的。这使 MPEG-4 成为在以太网和无线 LAN 上进行数字视频信号传输的理想选择。

但是，最显著的特征也许是 MPEG-4 在一个场景中独立地识别物体的能力，这使这些物体能够独立地操作，且也能与用户进行交互。图 5-21 所示说明由 MPEG-4 来分离视频信息的主要视频分析方法，其目的是为了最大效率地对视频序列进行采样、压缩和操作信息。因为物体被识别为独立的实体（2D 背景、任意形状、3D 等），编码器就能从压缩和操作的角度处理它们。在图 5-21 中，虽然在背景中的两个女孩也代表了不太重要的区域，但主要关注点是守门员。在 MPEG-4 中，独立于视频图像中的其他部分，这三个物体可以以任意形状被识别、处理。虽然 MPEG-4 利用 8×8 像素块并像在 MPEG-2 中一样对每个块应用 DCT 方法，但它还具有称为形状-适应的 DCT 的一项功能，该功能可应用于识别任意形状（例如在我们的图示中的三个女孩），具有提高形状准确性和编码效率的效果。



图 5-21 一幅 TV 图像可被 MPEG-4 编码器分离成不同组件部分，为的是每个部分可被独立地处理。这项技术极大地提高了压缩处理的效率，同时提供了如下功能，例如用户交互以及可以加入来自其他源的图像（图片获得 David Close 的允许）

可以对不同的任意形状应用不同等级的压缩。例如，相比于那些较被关注的对象，不太关注的对象可采用较高的压缩比，因此改善了在较被关注区域中的信噪比（S/N）和图像质量。再次参见图 5-21 中的图像，在前景中的女孩明显地比在背景中的两个女孩重要，因此这两个物体相比守门员相关的数据，可采用较高的压缩比。

任意形状未必来自于原始视频源。实际上，它们可以是计算机生成的物体（动画等），或从另一个视频源抽取出的视频物体。这样的物体可被插入到一个视频序列中的每一帧，即使就它们自身而言也是一个序列时也可做到这点。

图 5-22 所示说明 MPEG-4 如何将一幅图像分解成独立的各组成部分。主背景形成最大的（2D）物体，并被称为子画面（sprite）。假定摄像机是静止的，子画面包含仅需要偶尔传输的所有数据（I 帧），对于所有其他帧可被单个 8-比特字替换，通知解码器再次使用相同的子画面。当考虑一个 8-比特字已经替换了数千像素时，我们能够立刻体验到压缩的程度。这个子画面可比显示区域更宽，例如，摄像机可安装能生成 360°图像的鱼眼镜头组，但我们仅期望在监视器上观察那幅图像的一部分。

对于多数 CCTV 应用，落在图像中的目标可能包括在子画面中。但是，如果是多媒体应用，目标可能是作为一个 3D 物体来单独识别和编码的，因此将其提到图像的最重要位置。

MPEG-4 能够将图像中的运动部分定义为独立的任意形状，可将它们分别压缩和传输。如前所述，这意味着编码器可对每个物体应用不同等级的压缩，那么压缩等级取决于感知物体的重要性，并且也能根据物体的类型（视频、合成动画等）应用不同的动画工具。这构成了最大的压缩效率，对较关注物体的最优信噪比，以及改善了将物体边缘修圆的能力（通过使用形状-适应 DCT）并简化了运动预测。解码器接收独立的图像（如果有音频则加上音频），并使用复杂的和鲁棒的同步工具，重构原始图像。

最后，MPEG-4 包含支持用户与物体交互的工具，这在许多多媒体应用中是一项重要的特征。

从 MPEG-4 的这个讨论中，可以看出它是多媒体生产和数据传输方面一个真正的非凡的工具箱。但是，在本书撰写之时，对于 CCTV 复用器和 DVR 应用而言，MPEG-2 仍然是这两种中比较流行的格式，在这些应用中仍然主要是针对二维视频图像，常常没有任何声音。尽管如此，IP 摄像机发现 MPEG-4 是一种更合适的格式，因为新近出现的 360°范围摄像机有高等级的数字处理功能，为的是从一个 360°子画面中生成许多无失真的 4:3 TV 图像。

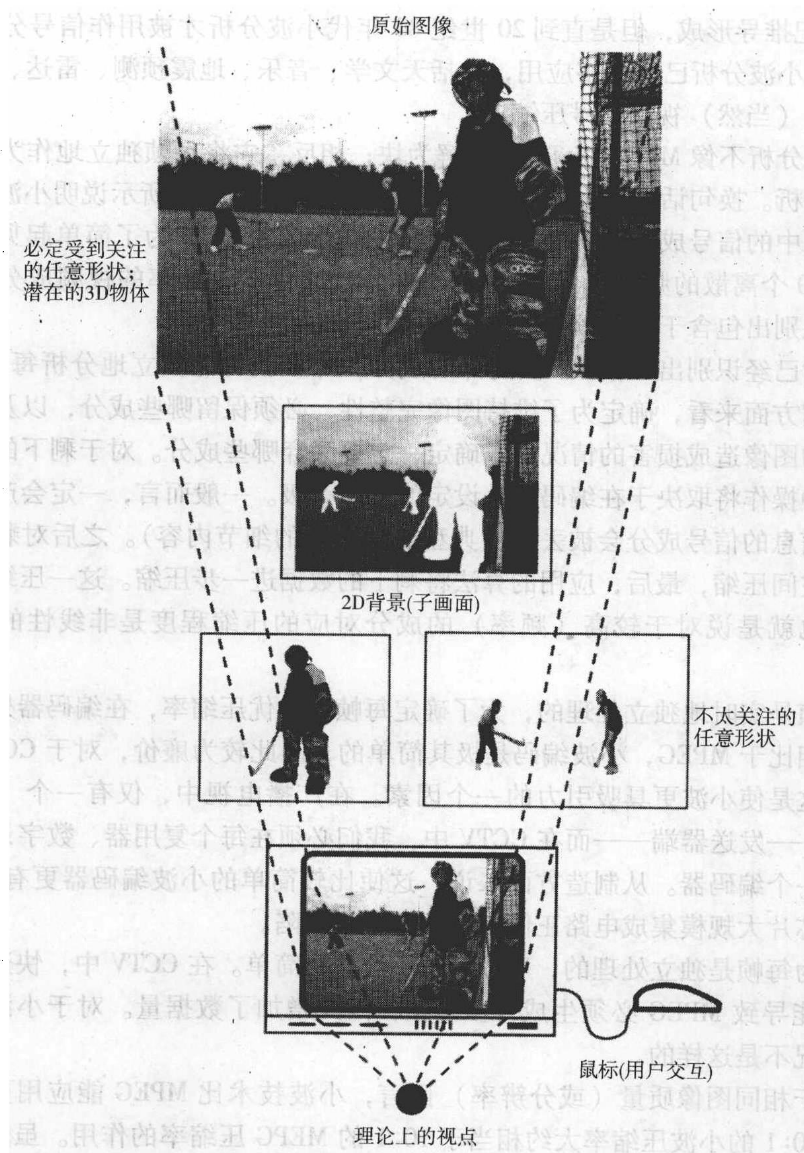


图 5-22 MPEG-4 将图像分解为组件，之后这些组件可独立地传输并由解码器重构（在子画面比观察区域更广的情况下，编码器必须能够确定期望的视点，为的是相应地渲染图像。（图片获得 David Close 的允许））

5.11 小波压缩

小波的信号分析是基于傅里叶分析发展的。虽然傅里叶分析由 Joseph Fourier

在19世纪推导形成，但是直到20世纪80年代小波分析才被用作信号分析的一种方法。小波分析已有许多应用，包括天文学、音乐、地震预测、雷达、神经生理学以及（当然）视频信号压缩。

小波分析不像MPEG将TV帧分解为块；相反，它将每帧独立地作为一个整体进行分析。换句话说，不存在“P”和“B”帧。图5-23所示说明小波分析如何将每帧中的信号成分分解为频带（典型的频带为42个，为了简单起见，图中仅给出10个离散的频带）。记住，每个频带代表特定分辨率的视频成分，从图中可能识别出包含于每个频带内部的图像内容。

针对已经识别出一幅TV帧内部的成分，那么就可能独立地分析每个频带；并从压缩方面来看，确定为了维持图像完整性，必须保留哪些成分，以及在不对最终重构图像造成损害的情况下，确定一定要丢弃哪些成分。对于剩下的成分会进行何种操作将取决于在编码器处设定的压缩等级。一般而言，一定会产生人眼不可见信息的信号成分会被丢弃（典型的是图像的细节内容）。之后对剩下的频带实施空间压缩，最后，应用的算法将剩下的数据进一步压缩。这一压缩是非线性的，也就是说对于较高（频率）的成分对应的压缩程度是非线性的（见图5-24）。

每帧是实时地独立处理的，为了确定每帧的最优压缩率，在编码器处要扫描三遍。相比于MPEG，小波编码是极其简单的，因此较为廉价，对于CCTV应用而言，这是使小波更具吸引力的一个因素。在广播电视中，仅有一个（MPEG）编码器——发送器端——而在CCTV中，我们必须在每个复用器、数字录音机等处内嵌一个编码器。从制造方面来说，这使比较简单的小波编码器更有吸引力，虽然硅芯片大规模集成电路正倾向于弥补这个缺陷。

因为每帧是独立处理的，所以编辑小波非常简单。在CCTV中，快速切换复用器可能导致MPEG必须生成许多I帧，因此增加了数据量。对于小波压缩而言，情况不是这样的。

对于相同图像质量（或分辨率）而言，小波技术比MPEG能应用更高的压缩率。20:1的小波压缩率大约相当于10:1的MEPG压缩率的作用。虽然两个系统中的损失是非常不同的，这使直接的比较是困难的。这是实际的情形，小波压缩的数据文件尺寸越大，不会导致可施加的压缩率越大。

因为它不将图像分解为8×8像素的块，当应用较大的压缩量时，通常情况下，小波压缩不会产生与MPEG相似的“块”效应。相反地，过度压缩的小波图像会呈现一种模糊的状态，也许相当于观看由稍微不太聚焦的镜头产生的一幅图像。说到这点，如果编码器设计利用了特定的（常常更加简单的）基函数（basis functions），对于小波压缩而言也可能表现出一种块效应。在小波算法中，有大量基函数，编码器设计人员将选择一些基函数，怎样选择取决于他们期望得

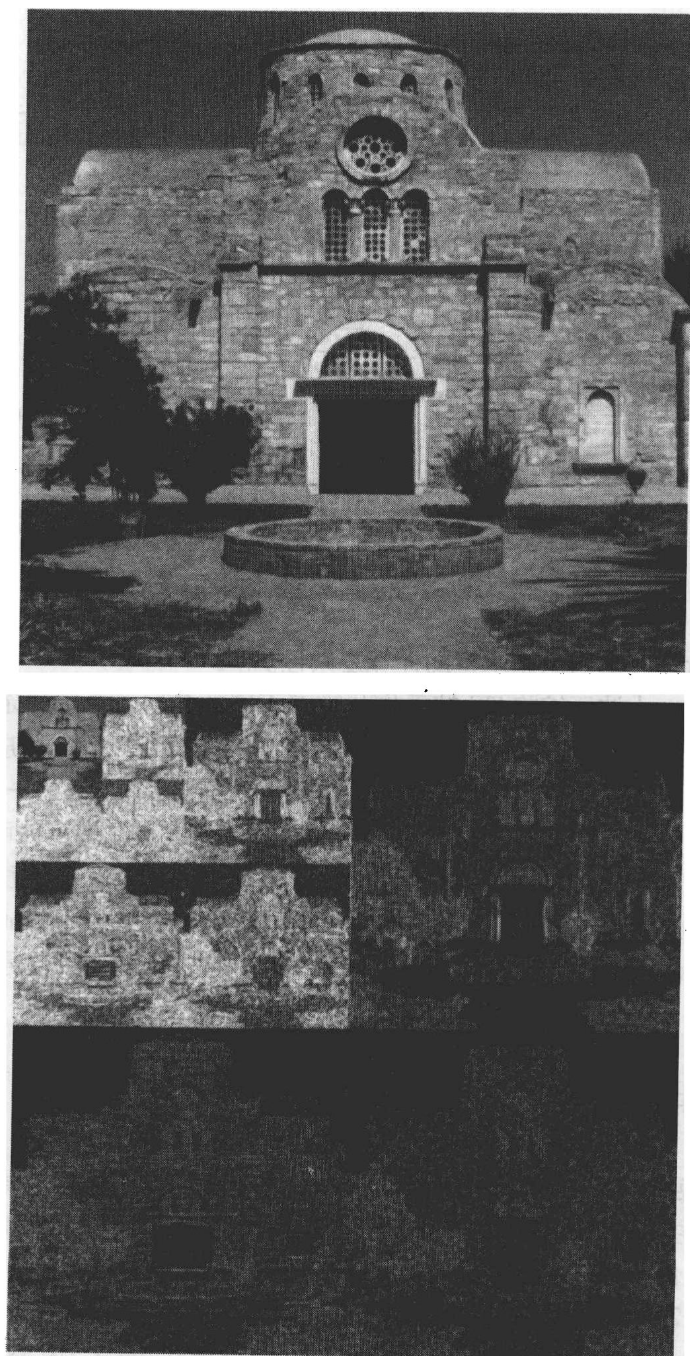


图5-23　小波如何处理一幅图像（就图像分辨率而言，原始图像被分解为独立的各层，之后可对每个独立层应用不同等级的压缩（图片得到Tim Morris的允许））

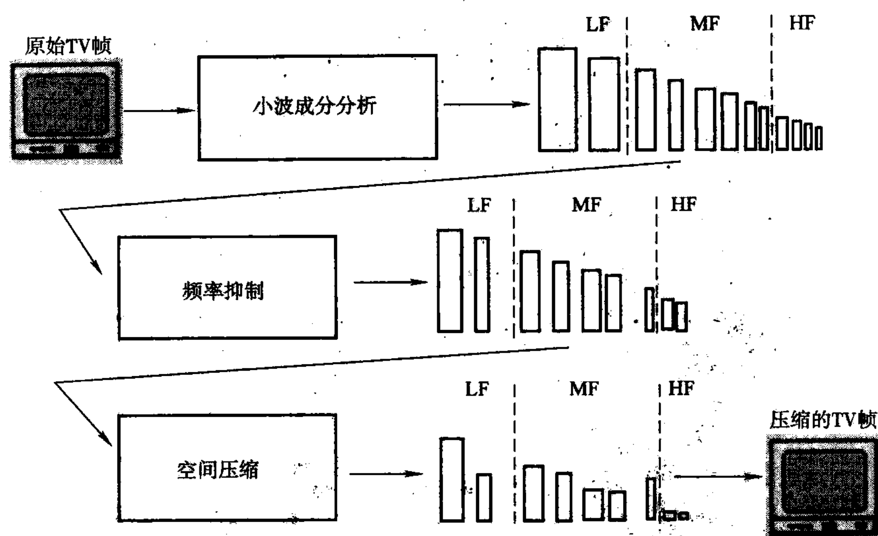


图 5-24 小波压缩过程的简化图解

到的图像质量以及他们乐意承担的计算复杂性。

综上所述，小波压缩将 TV 帧看作分辨率不同的各层。为了确定是否需要保留，每层要独立分析，且那些需要保留的层被进一步分析以确定可应用多大的压缩（如果可压缩的话）。较高的压缩等级应用于较高分辨率的层——但是，这个量是变化的。正如基于数学算法的任何压缩系统一样，存在许多种可应用的压缩方式（这些方式具有不同的结果）。在整个 20 世纪 90 年代，小波压缩的问题没有相应的工业标准。所以在 2000 年，联合图像编码专家组（Joint Photographic Experts Group，JPEG）发布了 JPEG-2000 标准，这是小波视频信号压缩的官方标准。

5.12 公共交换格式

公共交换格式（CIF）有时称为通用中间格式，这些标准以像素尺寸规范其图像格式。在压缩之前，CIF 自身的含义是将一幅图像尺寸描述为 352 水平像素 ×288 垂直像素（NTSC 为 352 ×240），这相当于一幅广播电视图像帧中像素总量的 1/4。2CIF 描述的图像包含 CIF 像素数的 2 倍，即 704 ×288 像素（NTSC 为 704 ×240）。4CIF 描述的是包含 4 倍 CIF 的图像：704 ×576 像素（NTSC 为 704 ×480）。注意，对于 2CIF，仅有水平分辨率增加，因为这样实际上将像素数加了一倍，而 4CIF 将水平和垂直像素数都翻了一倍，使之在分辨率上等于一幅完整广播电视帧的分辨率。

其他 CIF 规范包括 QCIF（1/4 CIF），它是指 176 × 144 像素的分辨率；SQCIF（准 1/4 CIF），是指 128 ×96 像素的分辨率；16 CIF，是指 1408 ×1152 像素的分辨率。

5.13 ITU-T 建议

在数年间，ITU（International Telecommunications Union 国际电信联盟）已经制订了许多标准，这些标准大多是关于双向音频/视频通信的。ITU-T H.320 标准是这样的，它规范了低带宽音频/可视电话和视频会议设备和服务的要求。这样，H.320 标准包含许多其他（H.26 ×）子标准。

发布于 1990 年的 CCITT H.261 标准是 H.320 视频压缩方面的子标准。这项标准是以在 ISDN（综合业务数字网络）上传输视频为准而制订的，因此，规定的数据速率在 64kbit/s 和 128kbit/s 量级。图像是非交织的，DCT 输出编码由亮度和彩色差分信号组成，分辨率可以是 CIF 或 QCIF。应用的压缩方法包含 8 ×8 像素块、IF 和预测法，类似于本章前面描述的内容。

由于它的分辨率低（当在一条如 ISDN 这样的低带宽信道上传输时，为了维持低码率十分重要的是使分辨率降低），H.261 标准在 CCTV 应用中的应用表现不是很好。

一个更加有效的标准是 H.263，这是 H.261 标准的自然发展演化。这个标准规定的分辨率高于 H.261 中的规定，但其比特率较低，这是通过应用更加高级的压缩技术实现。其输出可以是 SQCIF、QCIF、CIF、4 CIF 或 16 CIF。这个标准在 20 世纪 90 年代中期引入，为的是在由 PSTN 和 GSM 调制解调器所提供的非常窄的带宽通信信道（典型的为 9600 bit/s）之上处理视频数据传输。

较新的标准（2003 年 5 月）是 H.264 标准，它也是在一个不同的但类似的标准（MPEG-4 标准第 10 部分）之下进行规范的。存在两个等同标准的原因，它们是由 MPEG 和 ITU-T 两个专家组联合开发。他们制订标准的目的是在图像质量和比特率上，超越 MPEG-2 标准、MPEG-4 标准第 2 部分和 ITU-T H.263 标准。

在没有相当图像质量损失的情况下，H.264 提供的比特率为 H.263/MPEG-2 的一半。通过应用各种压缩工具，可以实现这一点，其中的一些是新工具，另外的许多工具是在以前压缩规范中所采用工具的基础上改进而成的。例如，当视频序列包含快速来回跳转的场景切换时（这是当一台 CCTV DVR 同时为多台摄像机录制时，基本上最可能发生的情况），跨越许多帧的运动检测导致了数据的大量降低。像素块尺寸也不再是固定的 8 ×8，而是动态地在 16 ×16 和 4 ×4 之间变化，这使得任意运动物体的清晰度都非常好，并减少了混叠（aliasing）现象，产生更加清晰的图像。

第6章　CCTV 摄像机

摄像机一般分为两个部分：检取（pick-up）器件和信号处理电路。

许多年来，摄像机依靠热离子管（真空管技术），将进入的光信息变为一个电压信号。但是，在现代 CCTV 系统中采用的摄像机使用称为电荷耦合器件（CCD）的一种固态检取器件。

类似地，技术方面的进步意味着许多年来为我们好好工作的传统模拟信号处理技术为数字信号处理技术让路了，这样摄像机能够在非常恶劣的照明条件下产生相当清晰的图像。

6.1　电荷耦合器件

CCD（Charge Coupled Device）是能够存储电子电荷的硅器件。一个芯片中包含很多 CCD 阵列，它可用来存储模拟视频或音频信号，在此处可对其进行操作处理。所以，虽然 CCD 芯片本身不是一个数字器件，但当在一个微处理器控制下时，它能够用来以移位寄存器的方式将模拟样本进行移动。

可将 CCD 的设计修改为当光子（光）落在器件上时，CCD 就释放电子。因此 CCD 的表现就多少有点像光敏二极管。如果来自一个透镜的光输出聚焦到这些光敏二极管的阵列上，每个二极管将产生正比于落到其上光能的输出电压。因此芯片就将光能成比例地转换为电子电荷。

一台 CCTV 摄像机中一般要使用的成像芯片可包含数千 CCD，它们排列成一个矩阵图案。我们稍后将看到，从这些单元中产生的电压合成产生独立的像素（“像素”是从术语图像元素衍生的）。对于 CCD 图像器件而言，图像分辨率取决于芯片中的单元数量以及单元的密度。理论上，1/2" CCD 芯片将比 1/3" 的芯片具有更好的分辨率，如果我们进行类比的话，情况就是这样的。但是，现代的 1/3" 芯片可能比较老的 1/2" 器件具有较大的单元密度，这意味着新的 1/3" 摄像机可能比它将替换的旧 1/2" 摄像机提供较高的分辨率。作为一条通用规则，单元密度越大，芯片的成本就越高。

在亮光条件下，CCD 可能容易发生过负荷，导致图像的光区域扩散为大片白色。这种效应称为“曝光”（burn-out）；但是，这并不能得出 CCD 自身损坏了的结论，实际上仅是图像质量降级而已。通过使用合适的滤波器和质量合格的虹膜控制，能够避免曝光效应。

典型的 CCD 芯片如图 6-1 所示。

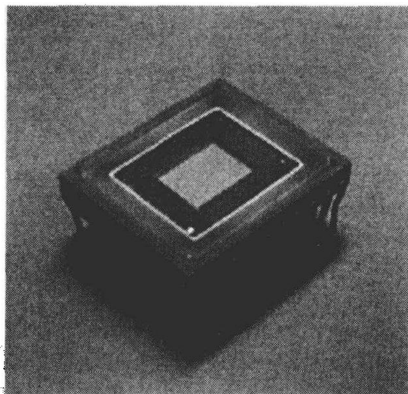


图 6-1　在 CCTV 摄像机中采用的一块 1/3" CCD 成像芯片

6.2　CCD 芯片操作

一块帧转移（frame transfer）芯片如图 6-2 所示，虽然这种芯片在 TV 摄像机中已经不再使用，但当描述 CCD 芯片的移位寄存器操作时，它确实可以作为一个良好的起点。

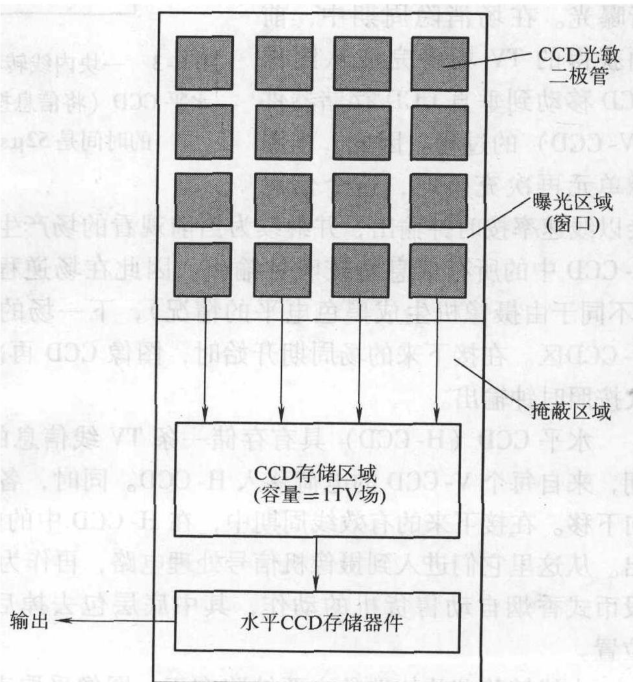


图 6-2　帧转移 CCD 芯片原理

虽然称为帧转移芯片，这种早期器件实际上是在场速率下操作的。在 20ms 的场周期中，成像 CCD 从入射光收集电荷。之后，在场逆程周期，电荷通过图像 CCD 单元向下移动到 CCD 存储区域。在接着的场周期中，图像器件再次充电，而在存储区域中的信息一次将一条 TV 线移出到水平存储区域，从这里在一个 52μs（一条有效 TV 线）周期上按照时钟输

出。在这个场周期的末尾，重复循环。

电荷转移方法的问题是，电荷必须向下通过图像区域到达存储区域，意味着图像 CCD 不仅必须在整个场周期是活跃的，而且在电荷转移周期中也是活跃的。因此当电荷向下移动通过图像区域时，这些电荷被仍然落在芯片上的入射光所“充满”（topped up），导致图像分量中的亮区有一定程度的垂直模糊度。

垂直模糊度问题的解决方法是重新设计 CCD 图像芯片，并采用称为内线转移（interline transfer）的电荷传递技术。采用这种设计的芯片结构如图 6-3 所示。

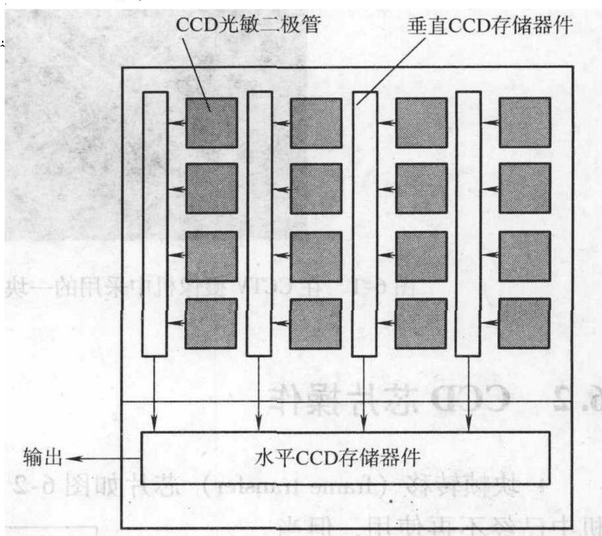


图 6-3 一块内线转移图像芯片中的垂直 CCD 和水平 CCD（将信息按照时钟同期从 H-CCD 输出的时间是 52μs——一个有效线周期）

采用这个结构，每个 CCD 上的电荷能够直接运动到给它分配的临时存储区，没有必要穿过另一个单元，因此解决了垂直模糊度的问题。在活跃场周期中，图像单元会短暂地进行曝光。在场消隐周期中，前面获得的 TV 场将完成从图像 CCD 移动到垂直 CCD 存储器件（V-CCD）的过程。因此，当图像单元再次充电时，这个信息会以线速率按时钟输出，并继续为当前观看的场产生图像信息。到场周期末尾，V-CCD 中的所有信息将按时钟输出。因此在场逆程期间当不需要视频信号时（不同于由摄像机生成黑色电平的情况），下一场的图像 CCD 电荷同时下载到 V-CCD区。在接下来的场周期开始时，图像 CCD 再次曝光，同时被存储的场再次按照时钟输出。

水平 CCD（H-CCD）具有存储一条 TV 线信息的容量。在每个水平回扫周期，来自每个 V-CCD 的电荷移入 H-CCD。同时，各 V-CCD 中其他的所有电荷向下移。在接下来的有效线周期中，在 H-CCD 中的电荷按照时钟以串行方式输出。从这里它们进入到摄像机信号处理电路，再作为视频信号输出。这个过程像投币式香烟自动售货机的动作，其中底层包去掉后，所有上面的包落下一个位置。

内线转移芯片构造的主要缺陷在于，图像采取表面不再单独为图像 CCD 占据。因为垂直 CCD 与图像器件相邻，落在芯片上大量的光是无用的。这降低了

CCD 芯片的敏感性，在低光条件下几乎性能全无。这项技术遇到的其他问题还有分子结构内部电荷的迁移，以及由热作用和光子穿透存储区导致存储区中无规电子逃逸的问题。这样的效应导致信噪比（S/N）降低以及在高照明条件下可能产生垂直模糊度。

这些问题的解决方法可在使用了许多年的芯片类型的应用中找到，即帧线间传递（FIT）芯片。这种芯片仍然按照内线转移原理工作，但垂直 CCD 不是在整个场周期中保持电荷，而正像帧转移芯片一样将电荷移到一个低存储区，其原理如图 6-4 所示。相比于内线转移芯片，FIT 芯片能提供非常高的信噪比、很低的模糊度并较大地改进低光性能。

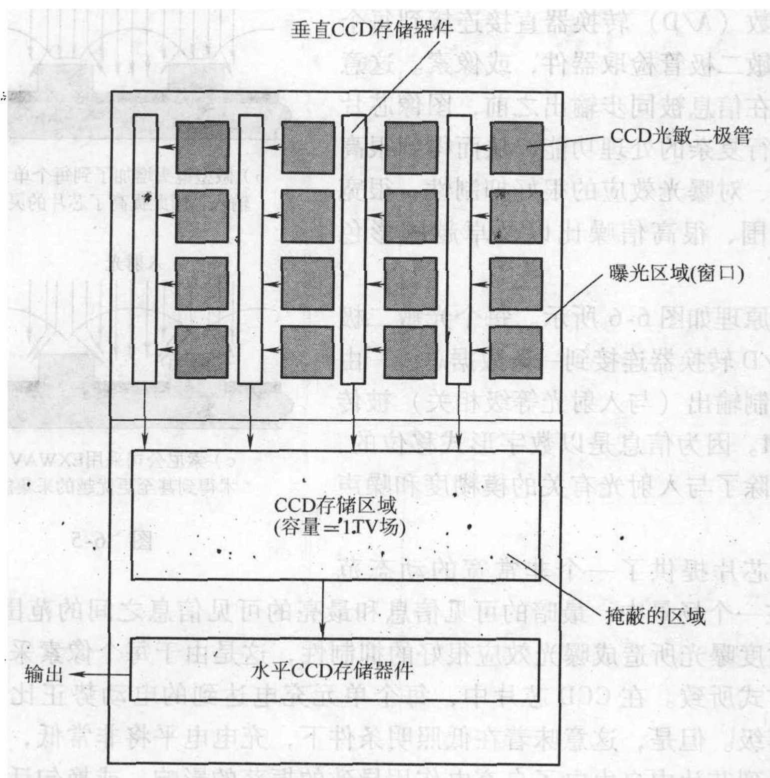


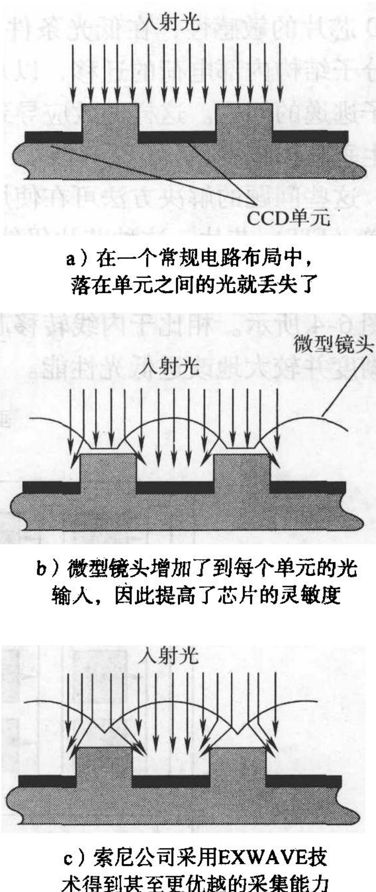
图 6-4　结合帧转移芯片（具有一个掩膜的存储区，对于来自入射光的破坏是安全的）和内线转移芯片（相邻存储区无垂直模糊度的效应）优势的帧内线转移（FIT）芯片

对改进 CCD 芯片敏感性贡献良多的一项研究成果是微型镜头，其中在每个个体图像 CCD 之上制造一个显微镜头，其原理如图 6-5 所示。在没有微型镜头的情况下，落在单元之间的光就丢失了，导致芯片敏感性降低。微型镜头收集这些光，并将之聚焦到单元上，有效地增加了芯片敏感性。索尼公司将这个原理进

一步发展，引入 EXWAVE 芯片，采用一种更有效的微型镜头，如图 6-5c 所示。如今使用的绝大多数 CCTV 摄像机都采用 EXWAVE 型 CCD 芯片。

迄今为止所讨论可以替代 CCD 芯片的一种技术是由 Pixim 公司生产的数字像素系统（DPS）图像传感器。这种芯片和常规 CCD 图像芯片之间的主要差异是模拟移位寄存器移出原理的不同。DPS 图像传感器芯片有一个模数（A/D）转换器直接连接到每个独立的光敏二极管检取器件，或像素。这意味着甚至在信息被同步输出之前，图像芯片也能够执行复杂的处理功能，从而得到很高的灵敏度、对曝光效应的很好抑制性、很宽的动态范围、很高信噪比以及卓越的彩色质量。

工作原理如图 6-6 所示。每个光敏二极管上的 A/D 转换器连接到一条数据总线，由此其二进制输出（与入射光等级相关）被传送到 RAM。因为信息是以数字形式移位的，所以就根除了与入射光有关的模糊度和噪声问题。



a）在一个常规电路布局中，落在单元之间的光就丢失了

b）微型镜头增加了到每个单元的光输入，因此提高了芯片的灵敏度

c）索尼公司采用EXWAVE技术得到甚至更优越的采集能力

图 6-5

DPS 芯片提供了一个非常宽的动态范围（即在一个场景中，最暗的可见信息和最亮的可见信息之间的范围），并具有对由过度曝光所造成曝光效应很好的抑制性，这是由于每个像素采样入射光的独特方式所致。在 CCD 芯片中，每个单元充电达到的电动势正比于落到其上光的等级。但是，这意味着在低照明条件下，充电电平将非常低，使信号电压容易受到芯片中自由电子自充电作用导致的振荡的影响，或换句话说，受到背景噪声的影响。在相反的极端情况，即在高等级照明情况下，单元将充电到它们的峰值，图像将呈现曝光效应。DPS 对光等级采样的方式不同。因为由入射光产生的电荷被立刻转换为一个二进制数值，芯片就能够在每个光敏二极管处监视电荷数值上升的速率，从这个信息不仅确定峰值等级而且确定极端条件下的光等级（即，非常暗/非常亮）。由于具有这个信息，芯片就能够确定在哪个时间点，像素将进行采样，因此避免了图像的一些部分过低曝光/过度曝光的问题。

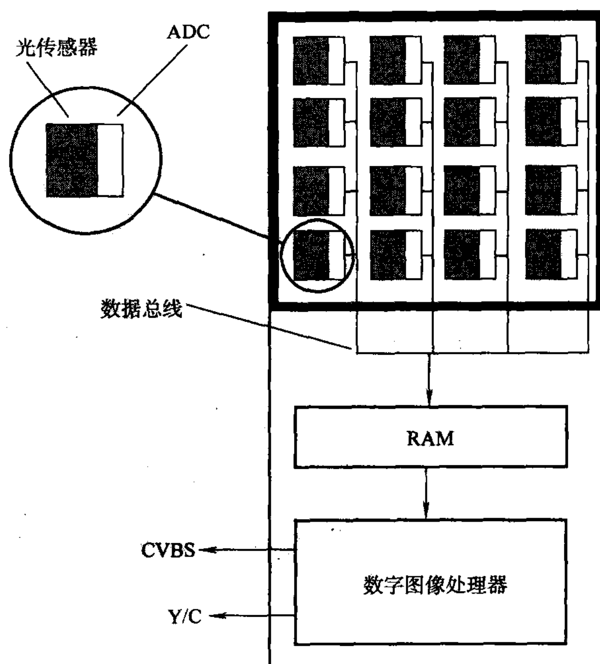


图6-6　DPS 图像传感器原理（ADC 连接到每个独立的单元/像素，因此可以不断地对入射光进行采样，使之能够在检取区域的每个点上都能非常准确地进行光等级的测量）

其原理如图 6-7 所示。在这张图片中，与暗区相关的光敏二极管将花费相当多的时间积累一个电荷，芯片在进行采样之前，一直等到恰好这些单元将要过度曝光（图 6-7 中的时刻 t_3）之前（才进行采样）。之后，数字图像处理器能够计算在这些单元处实际的光等级，方法是利用电荷到达最大值所用时间来求取电荷上升的速率。与图像亮区相关的光敏二极管将非常快速地达到最大电荷数值，所以处理器将使用时刻 t_1 来计算这个光等级。因此可以看出，DPS 芯片避免了在单元电荷电平低时进行采样（所以避免了暗图像区的信噪比较低），且不会遇到曝光过度效应，原因是每一次采样总是恰好在每个光敏二极管单元达到其饱和水平之前进行。换句话说，DPS 芯片是动态地采样图像的。

使用这种动态采样技术，改善了动态范围，原因是在图像极亮和极暗区域中的信息是不会过度曝光或被背景噪声掩盖的。但是，在一些取景条件下，这样的动态范围可能证明会产生相反效果。例如，在场景很暗但有在一个亮区的情况下，镜头虹膜将按其工作原理开大以便处理较暗的区。这将导致亮区的成分到达图像芯片之前，在镜头内部反射并散射，导致明显模糊的视图。但这并不意味着，使用采用 DPS 芯片的摄像机时，不能避免这个效应。摄像机制造商在设计中采取相应措施，从而可限制在这种情况下的动态范围。

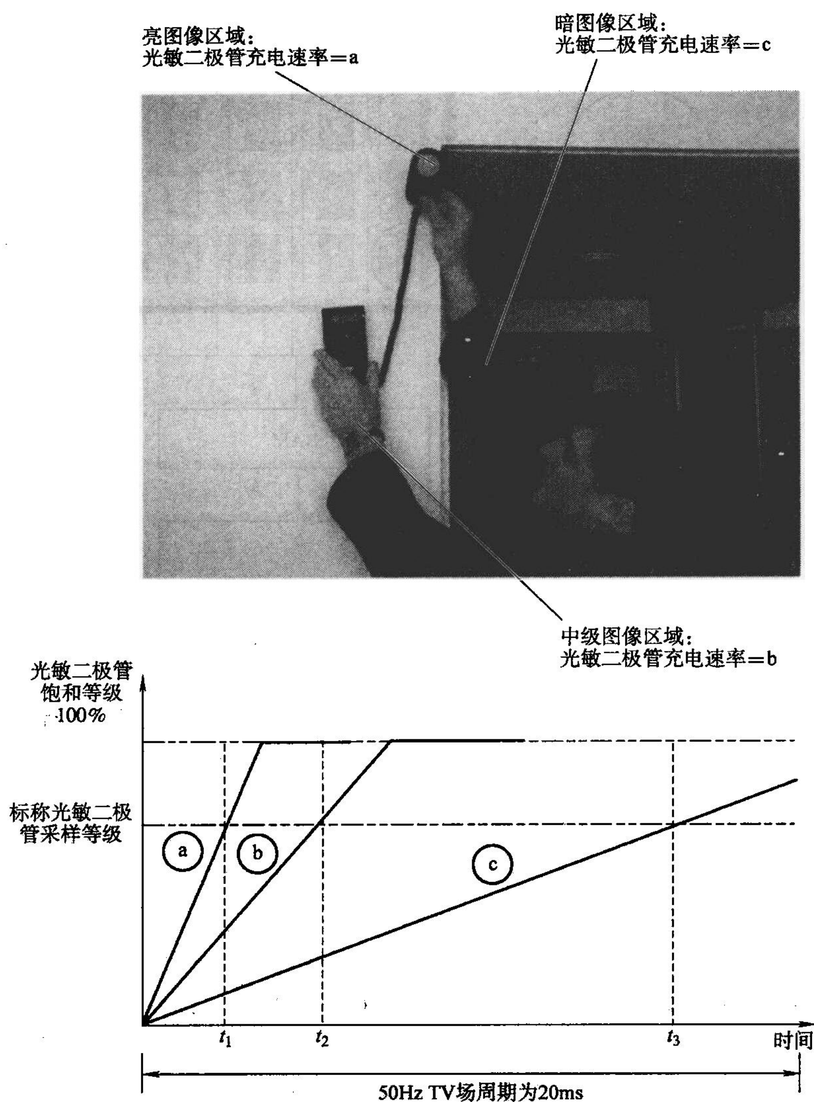


图 6-7 DPS 图像芯片在每个光敏二极管充电至高位电动势时进行光等级采样。之后实际的光等级可由电荷达到这个电平所用的时间算出来（确保了良好的信噪比和没有图像曝光过度效应）

6.3 电子虹膜

内线转移技术使引入电子虹膜（EI）成为可能。这相当于静态摄影照相机的机械快门。但是，它是通过将一个电压施加到单元上而以电子方式执行动作的。摄像机中的电子虹膜电路调节 CCD 单元的充电时间，以适应平均输入光

等级。

EI 的优势是，在使用固定虹膜镜头的场合中，摄像机能够补偿照明等级的变化。但是，在镜头具有自动虹膜（AI）的场合，为了防止称为“振荡”的效应，电子虹膜应该是关闭的。这就是当光输入等级变化很大以及变化很快的情况下，两种虹膜电路都会做出这样的反应。但是，一般情况下，EI 首先反应，因此当机械虹膜随后关闭时，光输入变得非常之低。这导致 EI 再次“打开”，很快机械虹膜跟随打开，所以光等级再次变得太高，这个循环会重复许多次，直到虹膜电路稳定之后才停止。这个振荡可能以很高的速率持续非常长的时间，导致沿每条电视扫描线的亮度等级快速变化，在整幅图像上产生一种图案效应，这可能被误认为是 RF 干扰的影响。

6.4　IR 滤波器

一般而言，CCD 图像芯片对 IR 辐射是敏感的，这就使它们在低光条件下非常敏感。粗看之下，这看起来也许是好消息，而且在一些情况下这确实是好消息。但是，IR 辐射不受限制地穿透 CCD 图像芯片，可能导致问题。

因为波长较长，IR 辐射比可见光穿透得更深，能深入到 CCD 芯片的硅基层。并且，穿透可能导致电荷存储区中出现不期望的电子释放现象，改变期望电荷的数值，导致模糊度并损失清晰度。为了防止这种现象，在 CCD 芯片的光输入窗口上放置一个 IR 截滤波器。这在一定程度上降低了芯片的灵敏度，但在清晰度和信噪比方面的改善使之成为一个值得采用的折中措施。

市场上可以买到没有采用 IR 滤波器芯片的黑白单色摄像机，它可以应用在由 IR 点光源照亮的区域，或低光等级运行的情况。为了能够产生准确的色彩，所有彩色 CCD 芯片都必须具有一个 IR 滤波器。

6.5　彩色成像

到现在为止，我们仅讨论了黑白单色图像芯片的操作，它只产生一个亮度信号。产生一个彩色信号多少有点复杂，原因是芯片必须能够生成三个信号：红、绿和蓝。有两种方式取得这个效果：通过使用三个芯片，或通过使用带有彩色滤波器的单个芯片。

图 6-8 所示的三芯片方法是迄今为止最好的方法。通过使用一个镜片阵列，其中包括特殊的二色镜，将一些频率的光反射，同时允许其他频率通过，从而将入射光分成三个组成成分。这里每个 CCD 的操作和黑白单色摄像机中的一样有非常类似的方式，也就是产生与落在其上彩色光相关的图像信息。在每个检取器

件的前面放置一个光学滤波器，可以纠正二色镜中的缺陷。

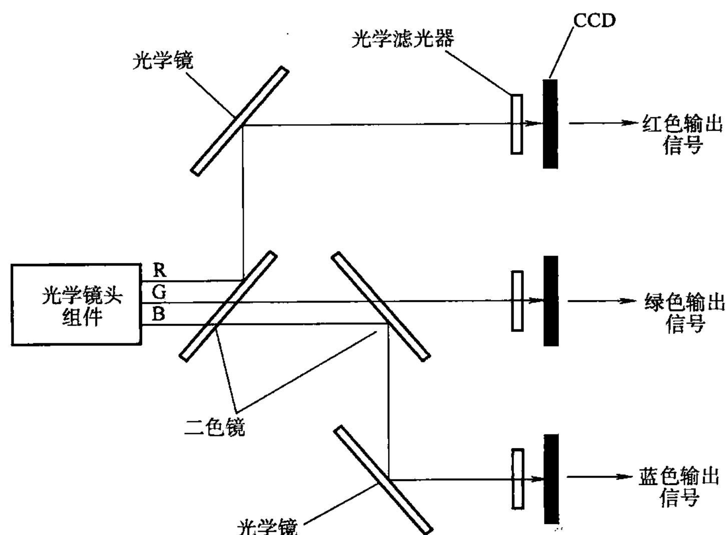


图 6-8 在三芯片彩色摄像机中，光被分解并聚焦到三个 CCD 芯片上

因为每个 CCD 的操作都与黑白单色图像器件中的方式相同，所以三芯片彩色摄像机的分辨率和光等级性能相当于其黑白单色摄像机的水平。但是，光学器件和三个 CCD 芯片加起来的成本使这种类型的摄像机非常昂贵，而且许多年来这类摄像机大都用于广播和半专业视频的生产用途。随着技术的进步使三芯片摄像机的成本有所降低，在近些年来，我们开始在 CCTV 应用中看到三芯片摄像机的使用。但是，比起与之对应的单芯片摄像机来说，它们仍然是相当昂贵的。

一般而言，用于 CCTV 产业的彩色摄像机多是单芯片的。这个芯片与用于黑白单色摄像机中的芯片是相同的。但是，在 CCD 窗口之前放置一个滤波器将光分解为红、绿和蓝色。一般，使用的滤波器有两种：条纹滤波器和马赛克滤波器。这两种滤波器各有其优势和劣势，比较而言，条纹滤波器能提供较好的彩色再生能力，而马赛克滤波器能提供卓越的分辨率。

如图 6-9 所示的条纹滤波器，在 CCD 前面形成由红、绿和蓝色条纹滤波器材料交错组成的一个掩膜。单个 CCD 仅为一种颜色产生一个输出。这些输出信号以在图 6-3 中我们看到的黑白单色芯片相同的方式进行处理。但是，水平移位寄存器的输出信号必须进一步进行处理，以产生亮度和彩色信号。

当我们观察图 6-9 时，能明显找到这种类型检取器的低分辨率的原因。在水平方向中，为了产生一个像素，要求有三个 CCD 单元，而在一个黑白单色检取设备中，这样将产生三个像素。因此，它看起来像是水平分辨率降低了三分之

二。但是，当考虑其他因素时，可以证明，这种类型芯片的分辨率大约为黑白单色芯片分辨率的 50%。

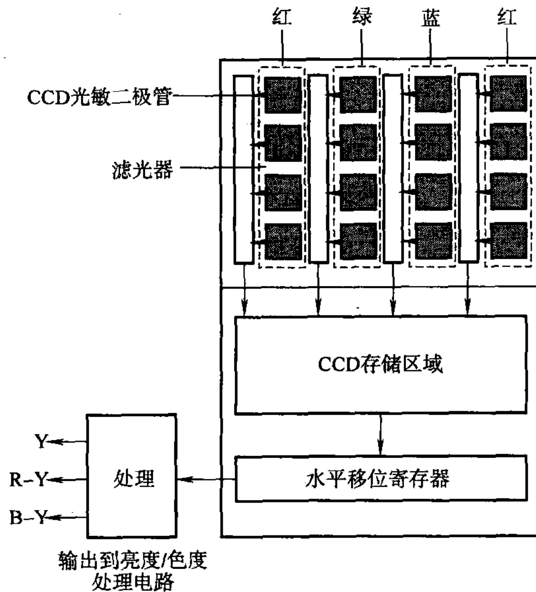


图 6-9　采用条纹彩色滤波器的帧内线转移（FIT）芯片

条纹滤波器所引发的另一个问题是在精细图像细节区域上的重叠效应。这是当落到芯片上的图像细节与滤波器条纹大约是相同尺寸时，生成不期望的频率成分所导致的。滤波器和图像信息之间的这个相互作用，称为脉动(beating)，可通过在主光学镜头和 CCD 芯片之间放置一个晶体滤波器加以克服。

就滤波器构造和所要求的信号处理过程而言，马赛克滤波器是相当复杂的。在每个 CCD 单元之上以一种马赛克图案放置的一个滤波器，如图 6-10 所示。这种 16-部分的块图案在整个芯片上重复设置。

使用三种辅色——黄、洋红和青绿，加上主色绿色，接着水平移位寄存器之后的处理块可导出红、绿和蓝色信号，之后被进一步处理以产生 Y 和 C 成分。用来导出彩色信号的算法的变化，取决于芯片上 CCD 单元的数量。但是，单元数越大，CCD 性能就越好。

条纹滤波器和马赛克滤波器都可以降低 CCD 单元上的光输入。这是为什么彩色摄像机比黑白单色摄像机远较不灵敏的主要原因之一。虽然经常可找到具有指定最小光输入等级为 0. 1lx 的黑白单色摄像机，但一般而言，彩色摄像机的最小光输入等级在 1lx 的量级。

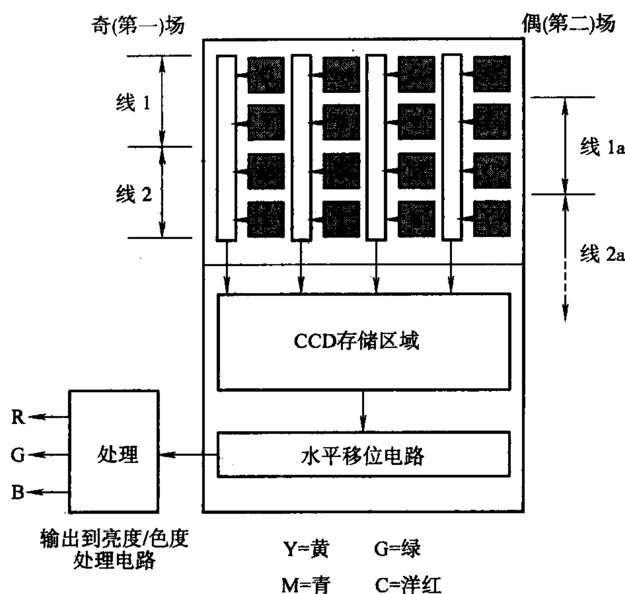


图 6-10 采用马赛克滤波器的帧内线转移芯片

6.6 摄像机操作

彩色摄像机的原理如图 6-11 所示。处理 CCD 电荷的移位寄存器包含在 CCD 芯片内部，因此信号处理块的输入信号是来自 CCD 水平寄存器的输出。电荷转移过程是由 CCD 驱动器控制的，它是由精确晶体振荡器提供时钟驱动的。因为电荷转移和线同步信号以及场同步信号之间的关系，CCD 驱动器从同步脉冲产生器提取参考信号。

信号处理是高度复杂的，但就我们所要了解的而言，知道在输出处有三个信号就足够了：亮度信号，两个彩色差分信号 R-Y 和 B-Y。

Y 信号的平均幅度由平均光输入水平确定，因此 Y 由 EI 电路监视。如果光输入等级一直很高或很低，则 EI 相应地控制改变 CCD 的曝光时间。这项功能允许一台摄像机装配一个手动虹膜镜头，但仍维持在改变照明条件之下一定程度的控制。但是，应该记住，不像手动虹膜的是，EI 不会影响景深，所以工程师应该将手动虹膜设定到很低的 F 数，为了维持正确的光等级，EI 将“关小”；否则，景深将较差。在夜晚，不管 EI 已经“开大”的事实，而进一步降低景深时，情况将变得更加恶劣。电子虹膜的另一项不期望的效应是当 CCD 曝光时间降低时，模糊度会增加。

可由 S_1 打开或关闭 EI 电路，该开关可通过摄像机侧的设置或通过软件菜单

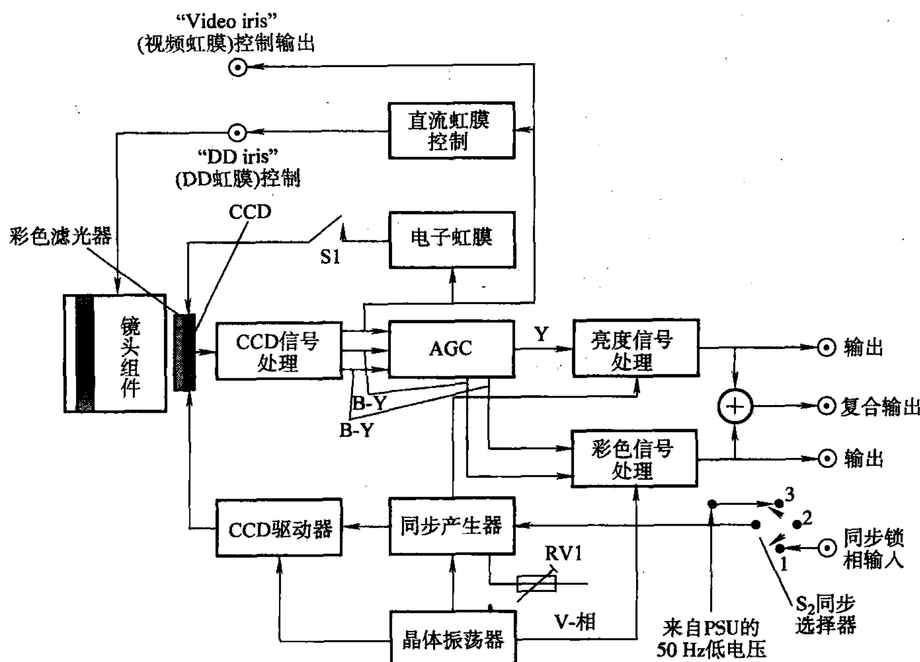


图 6-11　单芯片彩色摄像机（PAL）的原理图

进行设置。当摄像机采用自动虹膜镜头时，应该关闭 EI，否则当光等级变化时，这两者倾向于相互冲突，导致一种虹膜振荡效应。

亮度信号也馈入到直流虹膜控制电路和在摄像机上输出槽提供的"视频"虹膜控制电路。这些作用在本书第 4 章作了介绍。

由 CCD 产生的信号电压电平随着光等级的变化而显著地变化。在低光条件下，信号电压是如此之小，以致于为了产生可接受的输出，有必要进行大倍数的放大。但是，为了在所有照明条件下产生高质量的图像，放大器的增益必须是可变的，以使它能够随着光输入等级的增加而降低。自动增益控制（AGC）电路是包括信号电平监视电路的一种放大器。随着信号平均电平的改变，放大器的增益相应地变化，以使（例如当信号电平高时）增益降低，反之亦然。

如前面所讨论的，CCD 产生信号电压时也产生噪声。在合理的照明等级下，这个噪声被很高的信噪比（S/N）所遮盖。但是，在产生较低信号电压的低光条件下，信噪比降低。在 AGC 放大器的增益增加到一个非常高的等级时，视频信号和噪声都会同时被放大。这个噪声作为图像上的一个背景颗粒出现，将降低分辨率。

如我们已经看到的，亮度信号是在 CCD 信号处理电路中得到的。但是，在亮度准备好送往监视器之前，要求进一步地进行处理。CCTV 工程师对这项处理的大部分内容几乎不感兴趣；但是，值得提一下的过程是 Gamma 校正（γ 校

正)，因为它与输出波形的形状有直接的关系。

一般而言，CCD检取器件具有线性输出响应，所以亮度的等量增量产生等量的输出电压变化。不幸的是，CRT特性不是线性的，而是遵循如图6-12所示的一条曲线。如果我们向CRT阴极施加一个等量的阶梯波形（如在本书第5章图5-9所示的情形)，光输出将不会以等量增量增加。相反，暗区和亮区的阶梯增量将产生CRT电子束电流的大幅增加，而中间（中灰色）阶梯增量将产生压缩的电平，在竖条之间几乎没有对比度差异。

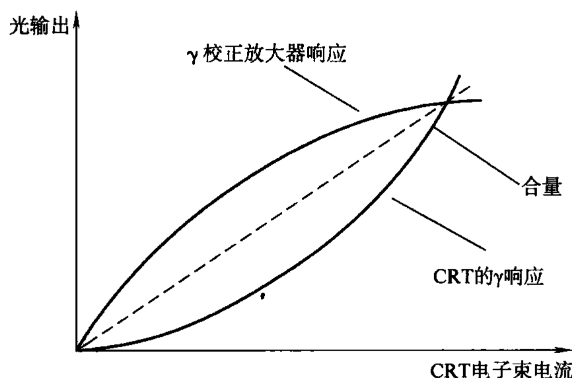


图6-12 CRT响应和相关的Gamma校正（γ校正）曲线

由于这个原因，亮度信号经过一个放大器，该放大器的特性与CRT的特性类似但极性相反。这个过程称为Gamma校正。Gamma校正对亮度阶梯波形的影响如图6-13所示。

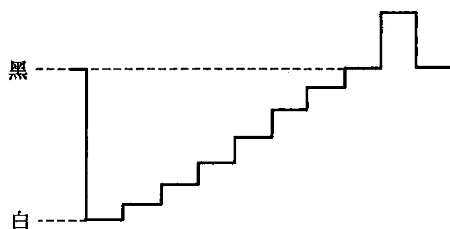


图6-13 具有Gamma校正（γ校正）的阶梯信号（有所放大）

Gamma校正电路可内置于监视器内部。但当我们从广播电视角度考虑这个问题时，其中仅有一或两台摄像机，其输出可为几乎数百万接收观众观看，那么将这样一个电路放在每台电视中从经济角度来说就是不合算的。因此，在所有视频摄像机中可找到校正电路。

在一台CCTV摄像机上打开和关闭Gamma校正，看起来是简单地改变对比等级。但是，记住，关闭Gamma校正时，CRT将在较低亮度和较高亮度等级产生较大的对比变化，将中灰度等级置于多少没有变化的状态。作为一条通用规则，Gamma校正应该是打开的，提供一个线性对比区间。但是，您可能经历过这样的情形，其中CRT磷光特性与摄像机中的Gamma校正特性不匹配，则对比区间看起来在高电平和低电平处太过明显。在这样的情形中，采取将Gamma校正电路关闭的方法，可得到比较线性的视觉特征。要记住的一点就是，不要简单

地将 Gamma 校正设定用作一种替代的增益控制方法。

再看一看如图 6-11 所示的模块图，虽然对于分辨率在 550 TVL 左右的情形，亮度处理电路的最小带宽必须为 0～5.5MHz，但是许多 CCTV 摄像机能够超过这个分辨率的数值。

一旦得到亮度信号，就再加入线同步和场同步信号。这些脉冲是在同步发生器段产生的，它通过将晶体振荡器输出分割而得到一个准确的信号。

摄像机和监视器之间需要同步，这在本书第 5 章已介绍过，但当时我们仅考虑单台摄像机和监视器的情况。只要我们试图通过一台切换器或复用器将两台或多台摄像机输出发送到单台监视器，就会出现问题。原因是，就同步而言，除非采取措施将摄像机锁定起来，否则在任意时刻，两台摄像机的扫描位置都将是完全不同的。每次切换器转换时，监视器将必须锁定到新的扫描位置。当监视器执行这个操作时，图像会滚动或拉长。

开关 S_2 是一个三位置开关，具有连接到同步产生器的一个通用输出端子。位置 2 没有连接到任何电路，当开关置于这个位置时，同步产生器电路简单地“自由运动”（free wheels）并产生一个独立的同步信号。当切换器或复用器中包含能够将摄像机信号锁定在一起的电路，或仅有一台摄像机，或客户不介意存在许多图像滚动的场合，可使用这个位置。

位置 1 连接到一个外部插座（一般是 BNC），常常标记为“genlock”（产生器锁定）。这个位置用于如下场合：一台摄像机，或许是切换器或复用器，产生线同步和场同步信号之后，再通过一条独立的同轴线缆发送到每台摄像机。当我们想到这样的话每台摄像机要有两条同轴馈线时，那么在 CCTV 这样使用的经济因素是明显较差的。产生器锁定法通常仅用于广播电视中，其中使用多芯线缆，且线缆走线相对较短。

位置 3 仅适用于 230V 交流馈线或 24V 交流馈线的摄像机。50Hz 主干线频率的样本馈入到同步产生器，该产生器锁定在每个交流周期的零转换点。如果每台摄像机都连接到主干线供电的相同相上，那么它们将是同步的。同步的这种方法称为线锁定（LL，Line Lock）。在较大型的安装中，位于不同位置的摄像机从主供电的不同相中馈入电源，就可能出现问题。但是，这可通过调节 V-相控制装置 RV1 加以克服，RV1 能够将来自产生器电路的同步输出移动 120°，这是任何两个主干线供电相之间的相位差。

多台摄像机同步将在本书第 9 章更加详细地讨论。

彩色信号处理模块处理输入的 R-Y 信号和 B-Y 信号，并应用加权法，产生 u 和 v 成分。它也产生 4.43MHz 正弦子载波，如图 6-11 所示。这是通过分割主晶体振荡器（频率）得到的，因此能确保色度、同步和 CCD 输出之间的相位关系总是正确的。

u 和 v 信号是以幅度方式调制到子载波上的。一般情况下，采用 AM 的方法，在一个载波上仅能放置一个信号。但在 PAL 彩色 TV 信号中，采用一种称为正交幅度调制（QAM）的方法，可以将两个不同信号放置到一个载波之上，使它们在彩色解码器中可被分离。

为了完成 PAL 色度信号包，调节包含 10 个 4.43MHz 子载波周期的一个采样，使之与线同步脉冲的后沿周期重合。这个信号，称为色度或彩色突发信号，用于同步监视器或录制设备中的彩色解码器。

绝大多数彩色摄像机提供分离的 Y/C 输出（S-VHS）或复合视频的选择。这些输出的相对优势在本书第 5 章介绍过。所有输出连接器终端电阻为 75Ω，提供到 75Ω 同轴线缆的正确阻抗匹配。

6.7 白平衡

到此为止，我们一直假定在彩色摄像机中的 CCD 芯片或芯片组能够针对任何给定的光输入，产生精确比例的 R、G 和 B 信号。不幸的是，事实并非如此。芯片间以及每个独立芯片内部的容限会影响 R、G 和 B 电平，以至于使再生图像的彩色质量最差，在多数情况下完全是不正确的。

启动之后，摄像机需要指明白光看起来是什么样的。之后它使用这个信息，为处理电路导出正确的值，确保针对相应白光输入产生正确比例的 R、G 和 B 输出。理论上来说，如果摄像机能产生正确比例的 R、G 和 B 输出白光，那么所有其他彩色将是正确的。

为了执行白平衡设置，在镜头前面放置一个白卡（white card），作为白光输入。之后选择白平衡功能，摄像机快速地调整其电路并记忆正确的因子。作为使用白卡的一种替代法，如果在视域内有一个大型白色物体，也能够让摄像机在这个物体上进行训练。

对于 CCTV 应用而言，这种方法并不总是可行的。因此绝大多数现代摄像机都有一种自动白平衡（AWB，Automatic White Balance）功能，它使用预设的纠正因子。正常情况下，有设置选项，例如“室内”、“室外”、“荧光”或“自动”。制造商为这些状况取平均照明条件，并将合适的纠正因子设计到摄像机中。除了操作选择器开关之外，对于这种类型的白平衡不需要再进行设置，但采用这种技术存在明显的缺陷。

采用自动白平衡的主要缺陷是不同光色温对图像质量的影响。例如，一台外部摄像机，它在黄昏时分依赖于卤素（灯）照明条件。如果使用日光作为光源进行平衡，则在黄昏时分，色彩会是不正确的。即使在白天，如果视场内的区域具有不同的色温照明，也会遇到问题。当采用全功能摄像机时，云台运动携带它

们经过不同照明条件时，就可能出现这种情况。与自动白平衡相关联的这些问题是许多年来为什么人们经常认为彩色摄像机不适合在室外应用的一方面原因。

技术方面的进展已经大大克服了与自动白平衡相关的这些问题。在许多彩色摄像机中包括一个自动跟踪电路，它能确保一旦执行自动白平衡设置，就对所有色温维持正确的白平衡。

6.8　背光补偿

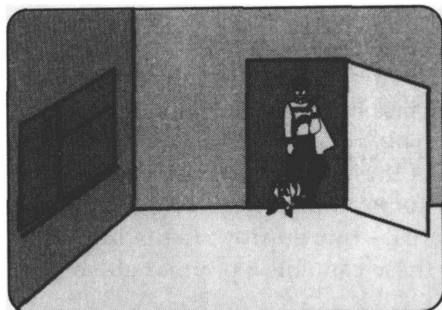
CCTV 摄像机普遍遇到的一个问题是，当人在门口时，怎样进行录制（清晰地）。在黄昏时，这不会太困难。但是，在白天当门口外区域是明亮地照明时，为了防止外部区域的过度曝光，虹膜将关小时，就会出现问题。不幸的是，这会导致这个人成为低曝光的，并看起来像一个剪影。类似的影响在本书第 4 章介绍过（见图 4-12a），但是，在这种情形中该问题是使用镜头中的峰值电平调节解决的。

不幸的是，许多 CCTV 摄像机镜头没有这项设施，因此多数摄像机有一项称为背光补偿（BLC，Back Light Compensation）的功能。当打开此功能时，摄像机强制镜头虹膜打开到（假定装配一个 AI 镜头）外部区域呈现过度曝光的位置；但是，人在正确的曝光水平，因此是看得清的。在实际中，这项功能在一些摄像机上比在其他摄像机上工作得更好，但许多年来却没有真正地给出一个满意的结果。当在摄像机内部采用更新的技术（例如 DPS 技术和改进的数字信号处理技术）时，在上述条件下拍摄物体的问题变得更加容易解决。

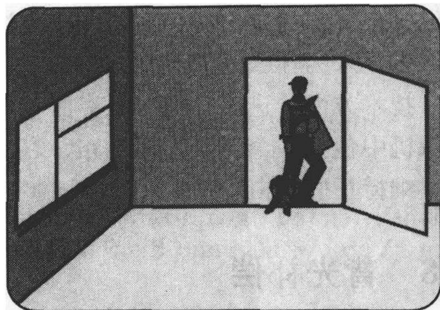
6.9　彩色/单色摄像机

为了确保一台彩色摄像机具有真实的彩色再生（能力），一定不要允许红外光进入图像芯片。为此，所有彩色摄像机在图像芯片前面都有一个 IR 滤波器。为了防止白天太阳光中的大量 IR 导致过度曝光，一些黑白摄像机也有这样的一个滤波器。

许多年来，彩色摄像机中安装 IR 滤波器的必要性将其用途限制在如下场景，即照明条件相对稳定的场景，以及在可见光频谱并具有相当强度的人工照明场景。这就是许多年来，在采用人工 IR 照明场合中，仅能采用黑白摄像机的原因。但是，最近的技术发展已经催生出新一代的摄像机，它可以依据照明条件，作为彩色或黑白摄像机使用。当光等级下降到一个预定数值之下时，这些彩色摄像机能够自动地切换到黑白操作。为了使这样的摄像机能够采用 IR 照明进行拍摄，当它们切换到黑白操作时，以机械方式将 IR 滤波器从 CCD 芯片上拉开（走）。



a）黄昏时分，得到这个人的一幅可接受图像



b）白天，虹膜根据门口周围光等级相应成比例地关小，导致这个人具有剪影现象

图 6-14 背光补偿

当光等级足够高时，这样的摄像机能够获得更加期望的彩色图像；但当低光条件占优势时，能够回转到较有效的黑白操作。注意，因为在黑白模式，去除了 IR 滤光器，CCD 芯片运行在黑白单色模式，相比于彩色模式，摄像机（黑白单色操作）具有较高的分辨率和灵敏度。

在一些条件下，这类摄像机早期的机型多少有些不稳定——例如，在汽车头灯间断地照亮观察区域的场合。最近一些年来，性能方面的改进使得普遍选择这类摄像机用于室外操作。

6.10 摄像机灵敏度

测量和列出一台摄像机的灵敏度，可有许多种方式。但是，当工程师们试图在不同制造商的摄像机之间做出选择时，因为这些数字可能是不可比较的，所以这些数字可能根本就是没有用处的。

一个真正的灵敏度数字是最大 F-档。最大 F-档是指，当摄像机在指定照明条件下，用特定测试卡片训练时，会产生 1*V*pp 的视频输出。此时必须关闭 AGC，将手动虹膜逐渐地关闭到这样的点，由该点视频信号开始从 1*V*pp 降低。在这个点读取 F 数，并引用为灵敏度。

但是，最大 F-档并不是经常引用的，经常使用的是最小照明。最小照明数字是对落到物体上光的最低等级的一个度量，由此光等级能够产生一个“可辨识的”视频信号。典型情况下，这些指标看起来有点像这样的一个分类——“1lx-80%-F1.2”。这意味着，在物体上 1lx 的光等级时，物体具有 80% 的反射率，使用 1.2 的 F-档。

这里所指的“可辨识的”这个定义导致了一些困难，原因是它由每个制造

商自己确定。这丝毫不意味着，所有制造商都试图蒙蔽安装人员和规范制订人员，但它确实为一些人提供了一个机会（蒙蔽的可能），让他们去推广低指标的摄像机，但却标注高灵敏度数字（而事实并不是这样）。

当讨论最低照明数字时，一项重要的考虑因素是看测量是在 AGC 打开还是关闭的情况下进行的。采用 AGC 关闭的状态，得到的数字将是更加真实的，因为摄像机将不会为产生可辨识的视频信号而"竭尽全力地"运行。当对比摄像机时，小心如下情况，一台摄像机的 AGC 关闭而另一台 AGC 打开。这种情况不能反映真实的结果，因为几乎可确信的是，AGC"开"的机器将比 AGC"关"的机器显示出更好的数字指标，而实际上，AGC"关"的摄像机可能是两者中较好的。不幸的是，当测量灵敏度时，不是所有的指标都指出 AGC 是开还是关。

6.11　摄像机分辨率

我们在本书第 5 章讲解了视频图像分辨率的理论，可以看到，理想情况下，一个 625-线系统应该能够再生 780 个水平像素（见图 5-4）。但在实践中，由于技术方面的限制，在原始广播系统设计的过程中，我们选择较小的分辨率。对于具有 585 条有效线的一个 625-线电视系统，沿一条线的水平像素最大数为 780 × 0.7[⊖] = 546。

CCTV 摄像机的分辨率是用 TVL（电视线）指出的。这个数字是指，沿等于屏幕高度的距离上，一台摄像机能够产生的水平像素数，如图 6-15 所示。

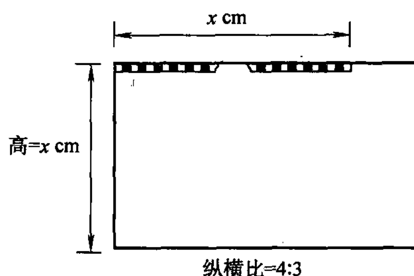


图 6-15　TVL 是以沿等于屏幕高度的距离上水平像素数进行测量的

在本书第 5 章，我们已经说明，理想情况下，水平分辨率至少应该等于垂直分辨率。因此，如果沿一条线的最大像素数是 546（PAL），那么沿等于高度的距离上的像素数将是 546 除以图像纵横比，即 546 ÷ (4/3) = 409.5。因此，对于一台 PAL CCTV 摄像机而言，为了产生相当于在广播传输上所看到的一幅图像，它必须至少具有 410TVL 的分辨率。类似地，对于 NTSC，以 TVL 表示的水平分辨率将是 462 ÷ (4/3) = 346，但实际引用的数字是 330TVL。

在实际中，如果系统要匹配广播性能，由于系统中的其他损失所以经常要求

⊖ 0.7 是 Kell 因子。

CCTV 摄像机具有比所标出数字更高的分辨率。

也应该指出的是，不管标出的分辨率数字是多少，它都不会适用于整个图像区。不管镜头还是 CRT 监视器都不能在图像边缘实现全分辨率。当讨论 TVL 数字时，谨慎地假定这个性能将仅适用于显示图像的中心部分。这一点非常重要，特别是为一项特定操作要求而选择设备时，且已经确定在控制室每幅图像的 TVL 的情况下。

摄像机分辨率专题将在本书第 13 章（当我们讨论测量系统分辨率的方法时）中进一步介绍。

6.12 摄像机操作电压

CCTV 摄像机三种常见的供电电压是交流 230V、交流 24V 和直流 12V。虽然初看起来，工作电压看起来不特别重要，但摄像机供电的选择对于安装材料方面的成本和人力具有直接的影响，原因是一些供电方法比其他方法要求更多的布线。

对于直流 12V 摄像机，是单独供电的。这意味着每条同轴线缆必须伴随着一条直流供电线缆。在一些情形中，这不会是一个问题。但是，在需要所有线缆都要隐藏布设的场合，隐藏额外的一条线缆有时是困难的。

与直流 12V 系统相关联的另一个问题是在布设线缆超过 100m 时（典型情况下），这条线缆上的电压降问题。在本书第 2 章介绍了这种现象以及克服这个问题的方法。

直流 12V 是从供电电源得到的，电源的供电能力必须能够适合安装的摄像机数量。一台摄像机典型的汲取电流为 350 ~ 500mA，为了避免供电电源的过载，一条有用的经验是 1A 的电流能供应两台摄像机。从这点可明显地看出，即使是一个中等规模的系统，也要使用一个大型供电电源。关于这个主题，存在两派观点：一方面，如果电源能力足够强，可对所有摄像机提供一个 12V 电源的供电；另一方面，可以使用大量较小型供电单元，其优势是如果一个单元出现故障，整个系统也不会失效。实际上，采取第二种方案并不太昂贵，电压降问题能够通过将电源供应分布在站点（摄像机所在位置）周围得以解决。

交流 230V 系统不会遇到电压降问题，也不会需要大量供电电源。这种供电特别适合于室外摄像机的应用。如果采用摇摆/倾斜（云台）单元，则因为运行电动机要求 230V 供电，就非常必要采用此供电系统。

使用 50Hz 主干线作为电源的另一项优势是，摄像机上的线锁定功能可用来提供同步信号（见图 6-11）。

交流 230V 供电的主要缺陷是在每个摄像机位置处都要求采用一条熔接线

(fused spur)，这经常使安装更加复杂。特别当摄像机安装在塔上，并必须使用一条地下钢线铠装线缆进行供电时，尤其如此。在英国，当前的规章要求这项工作由称职的人员执行，且必须遵循 BS 7671 标准进行电路的最终检查和测试，由检查人员为客户颁发一个合规证书。换句话说，如果安装人员不是合格的电气工人，则需要将电气安装工作分包出去，或在出现任何不幸事件的情况下，安装人员将冒被起诉的风险。

主干线供电系统遇到的另一个问题是接地回路问题，虽然这个现象常常可使用接地回路纠正器得以解决。这在本书第 2 章介绍过。

对于室内应用来说，交流 24V 摄像机正变得日益流行。交流 24V 电源被确定为附加（另一种）低压（ELV）供电电源，不受交流 230V 相同的规章约束，但需要克服电压降的问题。如直流 12V 的情形一样，交流 24V 要求一个独立的交流供电单元。但是，一些带有限交流供电的切换器，对运行一个小系统是足够的了。

一些摄像机对于直流 12V 和交流 24V 操作是兼容的。这些摄像机内部一般工作在直流 9V 电压左右，并使用一个内部直流到直流的转换电源降低直流 12V 输入，以及一个内部桥接整流器和平滑电路对交流 24V 输入进行整流。

低压直流/交流摄像机的一个变种是线馈电系统，其中到每台摄像机的电源是沿同轴信号线缆供应的。摄像机是由包含于专用切换器/控制器内部的交流 24V 供电模块供电的。视频信号是叠加到交流供电电流上的，在控制器内部使用滤波器网络将两者进行分离。这种系统非常容易安装，甚至进入到 DIY 市场。但是，专用控制器和摄像机的要求意味着在系统设计中几乎不存在灵活性，且系统不能在超过其最大摄像机能力的情况下进行扩展。

6.13 专用的摄像机

除了大量的商用黑白单色和彩色摄像机之外，CCD 和数字技术方面的进展已经催生各种高性能专用摄像机，特别设计用于低光和隐藏情况。

正如我们已经看到的，进行类似地比较，就低光性能和分辨率而言，黑白单色摄像机总是超过对应的彩色摄像机，且高性能的设计使其能适用于低于 0.1lx 的最低照明等级。因此对于安装人员来说，寻找在最低照明条件环境中能良好工作的摄像机不是件容易的任务。即使对于彩色摄像机，情况也是迅速变化的（即可选择的余地越来越大）。许多年来，人们普遍接受的看法是，彩色摄像机不适合于室外用途，原因是它们不良的低光性能，以及仅当区域被类似针对一台 TV 制造配置的照明方式下，它们才能产生正确色彩的事实！但 CCD 图像芯片中的新设计以及专用数字处理 IC 的生产制造，已经使项目主管人员重新思考这个问题。

尽管如此，仍然存在在如下条件下要求一幅合格的图像，这些条件是没有任何形式的人工照明、可见光或其他照明方式。在这些环境中，采用称为图像增强器（intensifier）的一种器件。

图像增强器不是新的技术，许多年来人们一直用它来增强摄像机的性能，包括电子（真空）管类型的，它们一直竭力工作在低光等级条件之下。它们的工作方式是使用电子方式有效地放大进入的光能。其原理如图 6-16 所示。

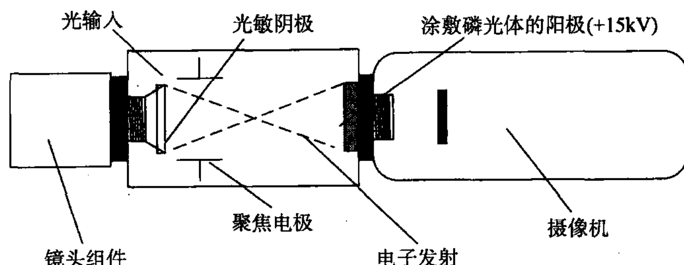


图 6-16　图像增强器原理

输入光被聚焦到一个光敏阴极，该阴极上的涂层具有这样的性质：当被光子照射时，就发射电子。从阴极上任何点的电子发射都直接正比于落在那个点上的光能，因此从阴极所有点上存在电子的恒定速率发射，而这代表镜头所产生的图像。

电子团被高压电动势吸引到阳极。当电子团通过器件时，它以电子聚焦到阳极板上，该板是以黑白单色监视器中阴极射线管相同的方式涂敷磷光体的。因此，原始图像的一幅图片就在摄像机成像器件上产生；但是，它比镜头产生的要亮许多倍。

如果使用图像增强器，则可能在不大于星光照明条件下获得一幅清晰图片。但是，阴极和阳极材料的工作寿命有限（典型的为 2000h），这使图像增强器在任何 CCTV 系统中都是有点昂贵的选件。为了得到最大的生命周期，应该安装 F-挡高的镜头。

虽然目前仍在使用图像增强器，但由于它们有限的生命周期，一种更可靠的替代方法将是最受欢迎的，且期望 CCD 技术的进一步发展将使图像增强器大体上成为多余的。

6.14 隐蔽摄像机

采用隐蔽摄像机会有许多原因，而不仅仅是为安全警察所用。它们可由零售商、雇主、娱乐中心和国内私房业主等所使用。使用的一些范例是：一

且入侵者越过公开 CCTV 系统，就记录该入侵者的活动，生成视频证据（以后可由起诉或应诉律师使用），为了维护经营场地的美观而优于安装公开设备。

直到 CCD 图像芯片出现之前，隐蔽摄像机是相对笨重的，且难于隐藏。尽管如此，隐蔽电子管摄像机还是成功地使用了许多年。当然，摄像机不仅需要体积小巧，镜头也必须是不引人注目的。也许正是这点比较难以做到，原因是“小型化”和“光学器件”不那么容易能良好地相互配合。如我们在本书第 4 章看到的，理想情况下，镜头必须能够尽可能地收集并处理较多的光，这意味着要使用大型光学部件。既然提到这点，就顺便说一下，提供卓越性能的小型镜头已经为隐蔽用途开发（成功）。

最常见的镜头类型是针孔（pinhole）镜头，虽然这个名字多少有点误导，因为这些镜头大多具有 3.5 ~ 8mm 量级的直径。一般而言，它们有 1/3″和 1/2″制式，并有一个 CS 安装架，这使它们兼容于任何匹配制式的 CS 安装摄像机。另外，针孔镜头可具有直角构造，这使摄像机能够隐藏在具有有限空间的地点。这种情形如图 6-17 所示。

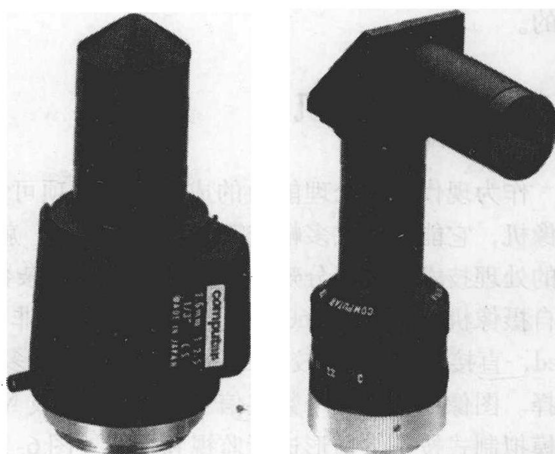


图 6-17 隐蔽应用的典型针孔镜头（在隐蔽摄像机要安装在一个受限空间中时，可以使用直角镜头（图片得到 CBC（欧洲）公司（计算机镜头制造商）的准许））

为隐蔽用途开发的另一种类型镜头是小型镜头，如其名字所隐含的，它是短窄型的。但是其尺寸是以减少某些部件为代价得到的。一般而言，小型镜头没有虹膜，这意味着它们仅适合于照明条件相当稳定的应用场合。注意许多小型镜头在输出处并不逆转图像，所以摄像机必须头朝下进行安装。

当选择针孔或小型镜头时，为了得到最高的光学速度，安装人员应该试图选择具有最低可能 F 数的镜头（记住光学速度将受限于小型化的光学器件）。

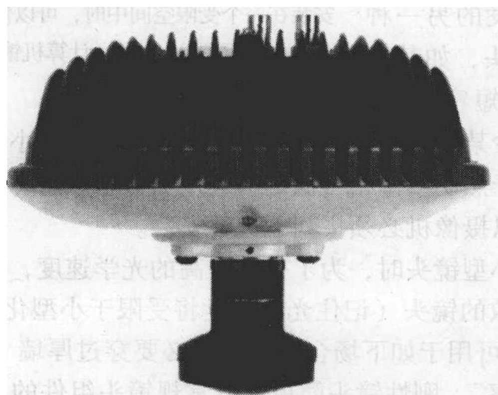
光纤-光学镜头可用于如下场合，其中有必要穿过厚墙“观察”或许越过一个空旷区进行“观察”。刚性镜头简单地以常规镜头组件的方式安装在摄像机的前部，光从前部的小型光学器件通过一条狭窄管内部的一族光纤束传递到主镜头组件。柔性镜头前部的光学板能穿过更复杂的空间，且摄像机不必临近视场进行安装。由于在光纤束内部多种类型的信号损失，这些镜头没有玻璃针孔型镜头

灵敏。

当然，到此为止我们介绍的所有隐蔽摄像机/镜头组件都是昂贵的，这将大量的潜在用户拒之门外。但是，随着近来低成本小型隐蔽组合摄像机/镜头组件的开发，隐蔽安装的系统数量已经得到相当程度的增长。流行的成品现货型隐蔽CCTV产品有无源红外（PIR）摄像机（其中一些包括可运行的PIR）、时钟型摄像机、镜面型摄像机和室内烟气检测器。“最基本的”PCB摄像机也是可以买到的，可安装到几乎任何物体上。许多这样的摄像机设计时利用标准四芯入侵警报线缆进行连接，这比同轴线缆更有弹性（除了没有屏蔽和阻抗不匹配之外）。虽然多数制造商不建议线缆布线超过100m，但传输结果通常是极可能被接受的。一般情况下，摄像机模块设计工作在12V，是由四芯中的两芯供电的。

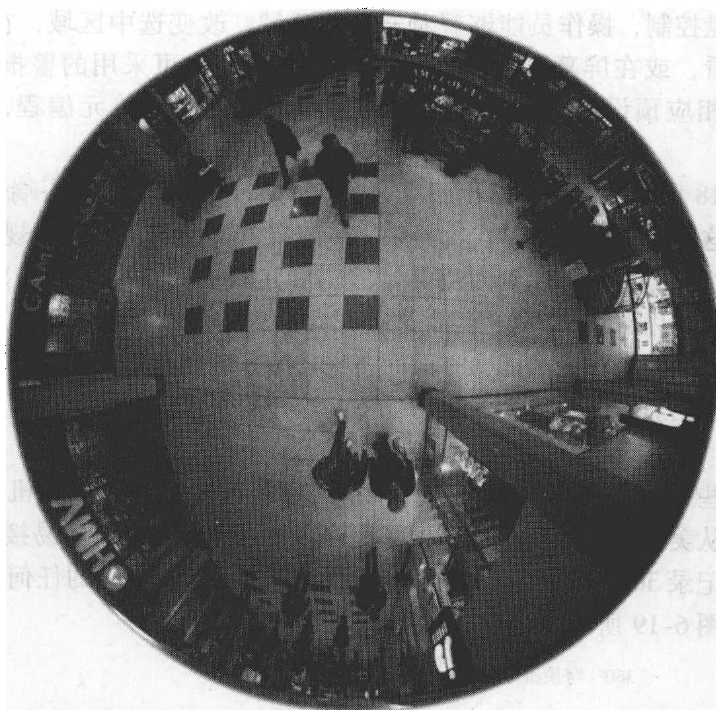
6.15 360°摄像机

作为现代摄像处理能力的成果，另一项可用的技术是装配360°鱼眼镜头的摄像机，它能够提供多幅校正过的4:3图像，就像它是许多独立摄像机一样。这里的处理技术是指高分辨率图像传感器、复杂数学算法和高速图像处理的组合。来自摄像机的细化的360°全景数字图像是“非-变形的”（de-warped）（straightened，直接的），并被校正到一幅4:3图像或多屏图像，这取决于用户和应用的选择。图像可作为一个数字信号传输到PC或NVR，或作为标准PAL CCTV信号以模拟制式按正常情形进行监视和录制。图6-18所示是一个典型的摄像机头部，还有360°全景和来自相同全景的4幅校正过的四画面显示（quad display）图像。



a）具有360°鱼眼镜头的摄像机组件，产生一幅全景视域（在头端组件中的一个内部处理器执行图像校正，并产生许多复用输出选项）

图6-18 360°摄像机



b）当摄像机在顶棚安装时，由镜头产生的全景图



c）这台摄像机可用视频输出的典型范例。以四角显示的四幅校正图像构建于原始全景图像。使人们容易相信安装的是四台单独的摄像机（照片和图像获得 Vista 的准许）

图 6-18　360°摄像机（续）

使用键盘控制，操作员能够观看选中的区域，改变选中区域，在360°全景周围摇摆观看，或在屏幕复用器观看360°全景。经常可采用的警报输入功能，由之可调出相应预设的区域。在一些情形中，也能够对单元编程，跟踪移动物体。

如图6-18所示的范例中给出一个自包含的单元器件，它的头端包括了所有处理功能。这个单元的一个替代物是采用装配有360°鱼眼镜头的常规CCTV摄像机，并将全景图像直接传递到专用PC（该PC运行着一个专用软件）。由PC执行图像校正和复用，在PC处也经常进行视频信息的录制和存储。虽然就从单幅全景图产生多幅校正图像的能力方面而言这样的系统是有效的，但并不像头端解决方案那样通用。原因是绝大多数情况下，这样的系统不能与其他CCTV硬件集成在一起。

使用这些360°摄像机的优势是一个单元可替代多个静态摄像机，极大地简化了安装，从美学角度而言单个穹顶是比许多静态单元更令人容易接受的，而且系统可用来记录360°全景，可以在以后时间观看那个场景中的任何东西。典型应用范例如图6-19所示。

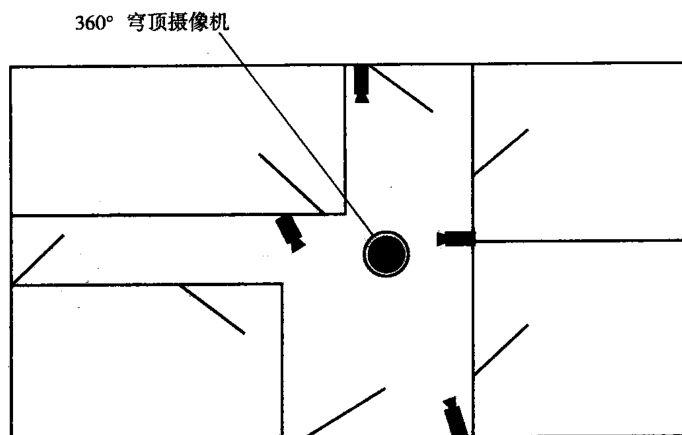


图6-19 单个360°、图像校正穹顶（摄像机）单元（这可替换多个静态摄像机，但能够取得较大的图像域范围）

6.16 号牌识别摄像机

经常称为车辆号码牌识别（VNPR，Vehide Number Plate Recognition）和机动车号码牌识别（ANPR，Automotive Number Plate Recognition）的这些摄像机实际上是标准的CCTV摄像机，是与这些摄像机相关联的软件执行读取车牌号码的任务。

这些摄像机可分为两个种类：使用标准可见光谱的摄像机和镜头中装配了一个 IR 滤波器的摄像机。

可见光摄像机向一台 PC 简单地提供视频输入，该 PC 运行一个软件包，辨别出一台车辆上号码牌的显著特征。之后软件显示（经常地）车辆的一个静态快照和/或一个短的视频剪辑片段、号牌的一个静止快照以及计算机生成的号牌显示。假定摄像机设置正确，通常可以识别出车辆的司机。

从摄像机安装的方面来说，对于固定安装，（图像）指标制订人员或工程师仅需要考虑观察的角度和所要求的镜头焦距，以及将视频信号传回监控中心的方法。

在英国，车辆号码牌上的荧光背景可非常高效地反射红外光，所以当白天变成黄昏时，就可使用安装于摄像机旁的红外灯照亮号码牌。

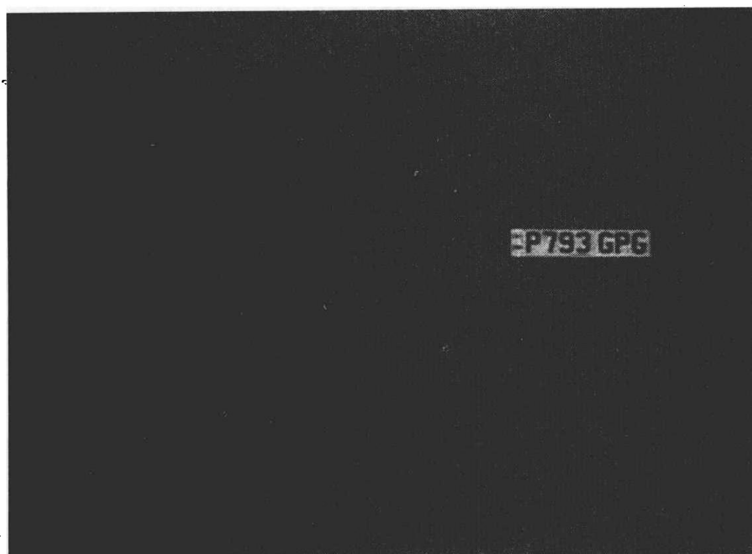
可见光 VNPR 的一个问题是，因为摄像机必须或多或少地直接对准车辆，车辆的头灯常常使摄像机失明，导致虹膜关闭，使号码牌不可分辨。

通过使用 IR 滤波器镜头可克服这个问题。在白天使用自然 IR 光，摄像机能够正常工作。夜晚时分，在摄像机位置处的一盏 IR 灯打开以便维持摄像机的正常功能，这样摄像机就不会被（车辆）头灯所影响，原因是头灯的光为滤波器阻挡过滤掉了。

使用 IR 的一个主要缺陷是系统仅能识别一个号码牌。就车辆类型或颜色或司机的图像而言，没有可用的视频连续镜头。为了克服这个问题，正常情况下，VNPR 系统从两台摄像机处取得输入，一台摄像机工作在可见光频谱，另一台摄像机工作在红外光频谱。为了提供视频连续镜头，使用可见图像（在可能的情况下），IR 输入则简单地用来得到号码牌的一幅图像。

从可见光和红外 VNPR 摄像机得到的典型图像，以及一幅数字方式得到的号码牌，如图 6-20 所示。

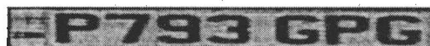
VNPR/ANPR 最普遍的应用是机动车速度测量，虽然它也频繁地用于私家车停车场中栅栏关卡的控制。但是，这项技术实际上仅是更加复杂的生物统计视频分析软件方案的一个简化版，这项方案正日渐变得准确和有效。所以明显的是，这项技术将继续发展演化，人们将会开发出车辆号码牌识别之外的用途。在英国，如同读取号码牌一样，相同的技术已经用于检测和读取运动车辆的车辆税圆牌。其他系统正在开发中，以便辅助监视如下策略的实施，这项策略是仅当车辆搭载两名乘客时，才允许车辆使用机动车道的“快车道”——使用摄像机检测两个人的存在（在本书撰写之时，虽然这项技术多少有点争议，原因是它将（例如）非常难以证明后座上是否有一名孩子）。VNPR 也是正在被考察用作收费道路计费管理的一种方法，虽然其他“车辆标签”方法也正在被考察用于与此相关的目的。



a）来自配有可见光过滤器的VNPR摄像机的图像（拍摄于白天，为得到号码牌的一幅图像，自然IR光提供了足够的照明）



b）彩色摄像机（位于IR摄像机旁边）拍摄的同一车辆（该摄像机装配有一个标准镜头，提供可见的连续拍摄镜头，这可用来识别车辆和（可能情况下）司机）



c）车辆号码牌，以数字方式从来自IR摄像机的图像中得到的（照片获得Vista的准许）

图6-20　车辆号码牌识别

第 7 章　视频显示设备

在本书第 6 章我们看到摄像机如何将光能转换为与亮度和色度成分相关的电子信号。在本章我们将介绍将这些信号转换回光能，形成运动彩色图像视觉的方法。

许多年来，为 CCTV 和室内电视产业产生彩色图像的惟一设备是阴极射线管（Cathode Ray tube），或称为 CRT。很多年来，人们期望就拥有平板显示（在 20 世纪 60 年代中的 Star Trek 系列小说中，了解一下当时认为的未来平板“主屏幕”。船长 Kirk 将其安装在他的栈桥上。就视频显示而言，这是科幻小说爱好者有关平板显示的想法）；过去缺乏的仅是这项技术而已。

制造商们，特别是夏普电子公司，在许多年前就开始研制 LCD 显示设备；但是，直到千年之交之前，这项技术才真正地实现，显示视频图像的这种显示设备才开始变得实用。向平板（且特别是 LCD）显示的转变非常迅速，因为别人告诉我们，它们是“更好的”。但是，我们必须定义“更好的”是指什么。与 CRT 监视器相比，平板监视器占用较少空间、消耗较少功率、产生较少热量、更轻便且看起来更加现代时尚。但是，逐项进行比较，可以发现 CRT 监视器将提供更高的分辨率和亮度等级，而价格仅是其几分之一。但毫无疑问，在未来，如果平板监视器性能不会超过 CRT 监视器的话，至少也将等于它的性能。但是（在本书撰写之时），在期望高分辨率图像的场合，高质量 CRT 监视器仍然是最好的选择。

在本章，我们将考察当前的每种显示技术，并在可能的情况下，比较它们的优点和弱点。因为 CRT 是最老形式的 T.V 显示设备，所以我们将由 CRT 开始。

7.1　阴极射线管

人们经常将热阴极电子管看作随着晶体管和硅芯片的快速引入，而在 20 世纪 70 年代消失的事物。但阴极射线管就是一种热阴极电子管，如图 7-1 所示的是黑白单色 CRT 原理图。其工作原理是非常简捷明了的。加热连接到直流电源的阴极，这导致其分子结构中的电子加速到一个逃逸速率，从而在阴极的前部区域形成负的空间电荷。

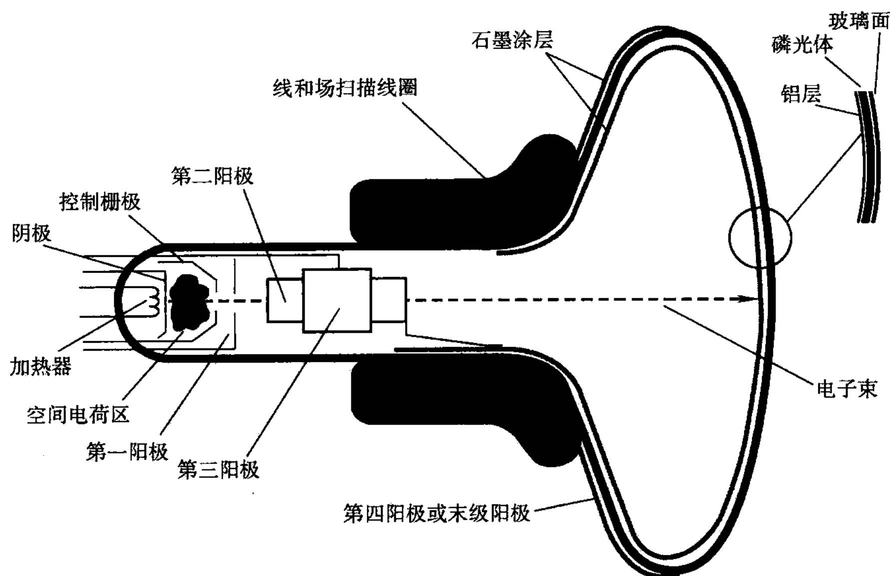


图 7-1　黑白单色 CRT

通过最终阳极屏幕连通一个非常高的电压，称作超高压（extra-high tension，EHT）。这个电压的大小取决于屏幕尺寸，但对于一个 30（12″）的黑白单色管，典型的 EHT 为 10kV。如果在阴极和屏幕之间没有其他物体，则在空间电荷（space charge）区的负电子将直接顺 EHT 飞到屏幕上，并通过连接的最终阳极返回到电源。因为电子是从阴极运动到屏幕的，则可以说，有电流流过 CRT。重要的是要注意，因为电子管已经完全排成真空，才会产生电流。否则电子将与空气的分子发生碰撞，并快速地损失它们的动量，导致它们再次落回到阴极。

问题是，对于我们的目的而言，电子不能飞得足够快。而且由于相同电荷的排斥效应，当它们飞向屏幕时，它们将扩散开来。为了克服这些问题，加入了阳极 1、2 和 3。第一阳极（A_1）连接到 +100V 左右的直流电动势。这对于离开阴极的电子具有吸引效应，在屏幕的方向上为它们提供速率。当电子到达这个阳极时，它们飞行的速度非常之快，并通过第一阳极中心的一个孔，以高速率朝向 EHT 运动。第一阳极的另一名称是加速器阳极。不幸的是，它也可能指屏幕格栅，这是一个可追溯到电子管时代的名称。但如今对于不加怀疑的工程师而言，这可能造成混淆，工程师也许认为该名称（屏幕格栅）指 CRT 前部的屏幕。

阳极 2 和 3 像一个静电聚焦透镜。为了克服由电子运动分离导致的电子束发散，聚焦是必要的。第二阳极（A_2）连接 EHT，同时第三阳极（A_3）通过一个

可变电阻（焦点控制）连接到+200V左右的一个电动势。这两个巨大差异的电动势在阳极 A_2 和 A_3 之间产生一个静电场。改变 A_3 上的电动势，就改变了静电场的形状和强度，因此起到改变通过中心的电子束的效应。这一原理如图7-2所示。调节焦点控制，直到汇聚电子束的角度使电子都击中屏幕上的相同点为止。换句话说，图像将呈现在最优焦点处。

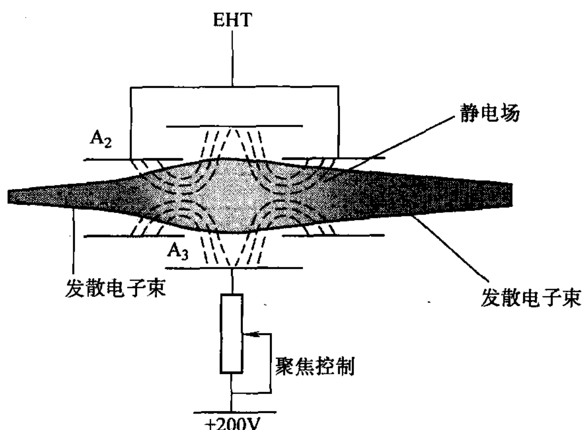


图7-2 静电聚焦的原理（交叉区视图；阳极是三种金属的圆柱）

CRT屏幕被磷涂敷，当磷被高速率电子击中时，磷就发光。在磷后面是一个薄铝层，该层起到保护并防止磷燃烧的作用，同时作为一个反射屏，确保由磷产生的所有光都向前投射。

由加热器、阴极、控制格栅和阳极组成的组件称为电子枪组件。虽然如我们已经看到的，它并不真正地发射电子，而是由CRT屏幕上EHT作用而放射电子。

所以我们看到，CRT是如何产生电子束电流的，它从阴极流向最终阳极，在屏幕中心产生一个小白点。现在我们看一下，点的亮度是如何进行控制的。

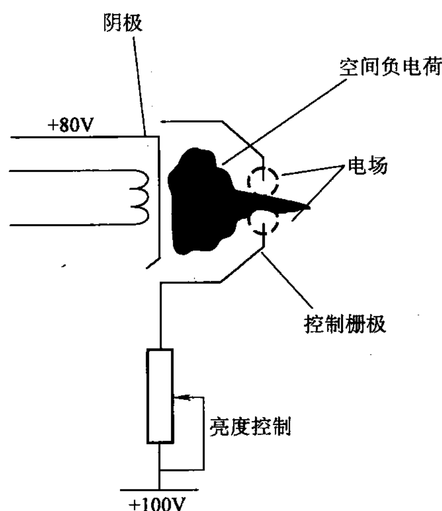
亮度取决于击中磷的电子数，所以通过控制电子束电流，我们就能够控制亮度。这项功能可通过控制格栅执行，格栅的作用如图7-3所示。

如果阴极维持在一个恒定电动势，且控制格栅设定在相同电动势上，则对电子束没有影响，且仍然维持最大亮度。但是，稍弱格栅正电动势，则导致对于离开阴极的电子呈现负电动势，结果使那些靠近孔径侧的电子被排斥。但是，一些电子仍然能通过孔径的中心，因此电子束电流和亮度就降低。当格栅电动势变得大约比阴极低60V时，排斥作用如此之强，以至于格栅中的孔径实际上被关闭了。所有电子束电流就阻止了，因此在屏幕上没有（亮）点。将一个可变电阻连接到控制格栅，就提供了一种亮度控制方法。

也可通过改变阴极电动势来控制电子束电流。增加阴极电压使格栅呈现更大的负电压，导致亮度降低。降低阴极电压使格栅呈现较低的负电压，则亮度增加。因此，如果将视频信号波形施加到阴极，则电子束将被快速变化的视频信号所调制，在屏幕上产生与视频信号电平成比例的亮度等级。

为了在CRT上产生一幅图像，电子束要在垂直和水平方向高速偏转，扫描屏幕，产生一幅称为光栅的空白白色显示。将一个视频信号波形施加到阴极，导

致电子束电流被调制，则当屏幕被扫描时，就产生一幅图像。



阴极电动势	格栅电动势	相对于阴极的格栅电动势	作用效果
80V	80V	0V	无影响，通过格栅孔径的电流最大
80V	50V	-30V	孔径尺寸因实际的负电荷（w. r. t. 阴极）减小。电子束电流减小
80V	20V	-60V	格栅的负电压可到达这样的程度，可使孔径关闭。零电子束电流；没有显示

图 7-3　由格栅/阴极电动势产生的电场
实际上关闭了格栅中的孔径

电子束的偏转是由线扫描和场扫描线圈控制的，这些线圈置于 CRT 颈部周围。交流电通过扫描线圈，顺次建立交流电磁场。这些场与存在于电子束周围的一个磁场相互作用，因此就发生偏转。线扫描线圈执行水平偏转，场扫描线圈执行垂直偏转。

CRT 内部的石墨涂层用来连接最终阳极、CRT 屏幕和第二阳极。

7.2　彩色 CRT

在本书第 3 章，我们知道白光由三种基本彩色组成：红、绿和蓝。因此，为了使彩色 CRT 有效地工作，必须再生这三种彩色。它是由三个独立阴极完成的，每个阴极由产生于彩色摄像机中独立的红、绿和蓝色信号驱动。

彩色 CRT 屏幕由三种不同类型的磷涂敷，当被电子撞击时，磷放射不同频率（彩色）的光，这些颜色是红、绿和蓝色。各种磷紧致地排列在屏幕表面，如图 7-4 所示。每个电子枪目标仅在一组磷（点）。所以实际上我们可以说，一个电子枪生成红光输出，另一个生成绿光输出，还有一个生成蓝光。

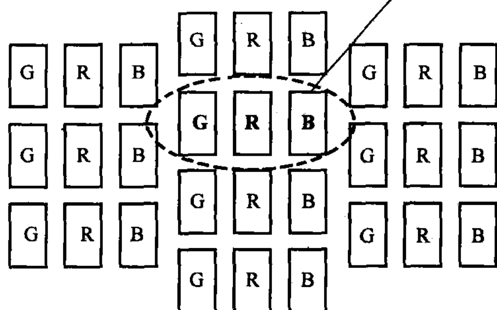


图 7-4 彩色 CRT 屏幕上形成的典型的磷条带

当三个电子枪都放射电子时，各磷点都被点亮，则眼睛接收到红、绿和蓝光。但是，因为磷点是如此之小，在正常观看距离上眼睛是不能辨别它们的，大脑就被欺骗并认为看到的是一个白屏幕。如果你非常靠近一个彩色监视器屏幕，并将你的眼睛聚焦到一个白色图像成分的区域时，就可看见个别点。

通过控制电子枪的开关，可以引入色彩。例如，如果蓝色电子枪关闭，眼睛仅接收到红色和绿色，如我们在本书第 3 章看到的（见图 3-3），大脑将这个信息解释为黄色。

彩色 CRT 的原理如图 7-5 所示。实际操作比这张图揭示的要稍稍复杂一些，原因是在电子管颈部（或者内部的或者外部的）需要有特殊的磁场，以确保每个电子束仅会击中它自己的彩色磷点。这称作 CRT 的聚焦（convergence），但没必要更深入地了解这个内容，因为它不是 CCTV 工程师关注的内容。

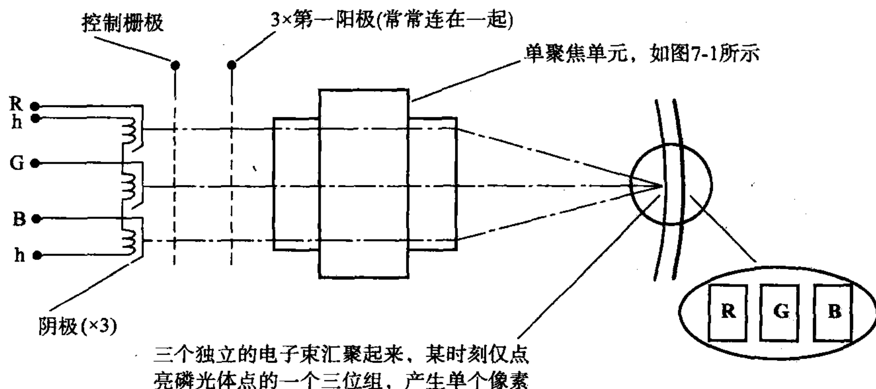


图 7-5 彩色 CRT 的原理

彩色电子管和黑白单色电子管的另一个主要差异是工作电压。一般对于彩色 CRT 而言，其工作电压要高于对应尺寸的黑白单色 CRT。阴极的典型的信号驱动

电压要求在 80Vpp（在 70V 和 150V 之间波动）左右，第一阳极电动势在300～500V 左右，焦点处大约为 1kV，EHT 可近似为屏幕尺寸上每英寸 1kV，所以对于一台 24″彩色 CRT，EHT 将在 24kV。

7.3 CRT 监视器

一般而言，这些 CRT 监视器具有两种视频输入：复合（CVBS）输入和 Y/C 输入。后者是用来处理一个 S-VHS 输入的。BNC 连接器正常情况下用作 CVBS 输入/输出，原因是其良好的鲁棒性以及用来维持传输系统 75Ω 阻抗的设计（前提当然是使用正确的 BNC 类型）。BNC 也可用于 Y/C 输入，但是，普遍使用的还是 SCART 或四针 S-VHS 连接器。

一些监视器为 CVBS 输入/输出使用 RCA（phono）连接器，但当输入线缆是同轴线缆时，这可能带来问题。原因是 RCA 连接器（原用于音频用途）不适合于同轴线缆，例如 RG-59。因此必须使用一个 BNC 到 phono 的适配器，这在传输媒介中产生一个附加的连接。

由于制造容差和观看的偏好，在安装过程中，有必要对一台监视器进行多次调整。因此，我们将讨论典型的调整及其功能。在实际中，多数调整是使用软件菜单方式解决；但是，一些调整仍然需要使用一把端子螺钉旋具按传统的方式解决。

就亮度和对比度之间的差异而言，人们经常存在许多困惑。亮度控制整幅图像的等级，使图像的暗区和亮区都变得较亮或较暗。对比设定控制亮区和暗区到相互靠近或相互远离。这两种控制的作用如图 7-6 所示。

例如，完全地将亮度等级调高，会导致黑区变成暗灰，白灰区变成白色，而白区变成过度亮区。将对比等级提高，就使暗灰区变成黑色，亮灰区变成白色。用户们将经常调整这些等级以满足他们自己的偏好；但是，维修工程师应该知道，持续采用非常高的对比度设置工作的 CRT 将很快出现 CRT 故障（典型的是两年以后）。同样，在一个 CCTV 控制室中，用户可能会抱怨，当在不同监视器上观看时，相同的图像看起来完全不同。这可能是由于一些 CRT 监视器老化，或它们来自于不同制造商造成的，不过也可能是由于每台监视器非常不同的亮度和对比度设定而造成的。

在本书第 5 章，我们讨论了摄像机和监视器之间的同步要求。虽然现代制造容差技术已经消除了调整垂直和水平时基的需要，但一些型号上仍有相应的控制装置。如果垂直同步调整得不对将导致场滚动或图像弹跳。如果水平保持失调，则可能使图像倾向于拉到右侧，或分割成一系列的水平黑线。这些效应如图 7-7 所示。

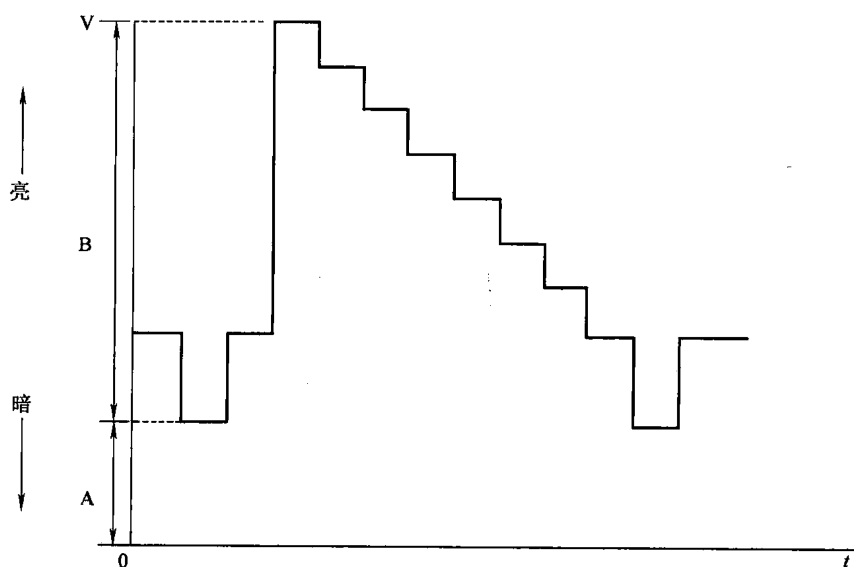
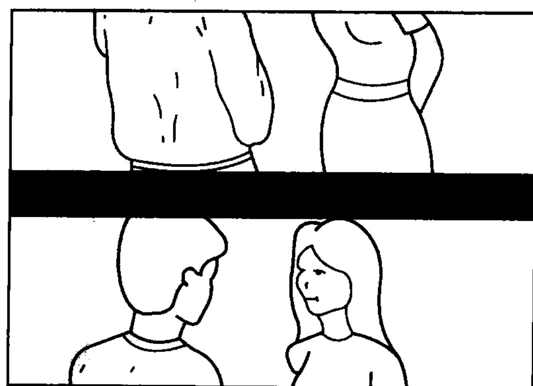
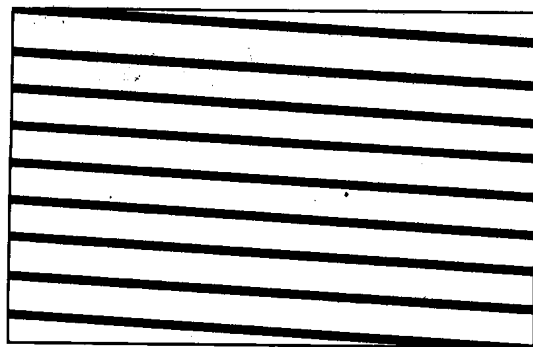


图7-6　亮度和对比度控制的效果

亮度改变直流电平（A），在不改变幅度的情况下，将整个波形上移或下移；对比度改变峰-峰值（B）



垂直保持调节得不好



水平保持调节得不好

图7-7　时基控制调整不正确的影响

垂直和水平偏移控制用来使图像居于监视器屏幕的中央。CRT 第一阳极（也称为屏幕或 A_1）常常是通过监视器后部进行调整的。并不建议 CCTV 工程师来执行这项调节，因为正确的设置过程是有点复杂的。它要求拆下外壳，在调节控制时，还要测量 CRT 的 A_1 端子处的电压。A_1 看来像是用来控制亮度的，但是，它并不是这样的，且这项误调整可能导致图像质量不匹配，以及可能降低 CRT 的寿命。

正常情况下，焦点控制的调整也是通过监视器的后部进行的。应该使监视器显示一幅包含高度细节的图像，特别是在中央部分，且信号源应该已知是良好的（换句话说，摄像机焦点应该是正确的！）。之后调整焦点控制，使在屏幕中央出现最清晰的图像。

两个其他的可用控制是光栅校正调节。所有监视器和 TV 接收机都会碰到称为枕形失真（pincushion distortion）的一种效应。如图 7-8 所示，这种图像失真出现于显示的边缘，是由电子束源点（即 CRT 阴极）和沿屏幕四边的点之间的距离差导致的。包括线输出和场输出的电路可校正这种效应；而特别针对较大型的监视器，可以使用外部调节装置。

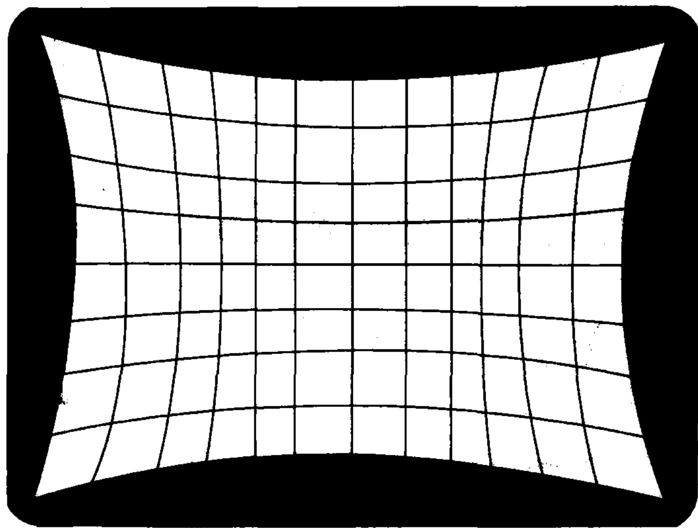


图 7-8 枕型失真

如果没有光栅校正，图像的边缘就变为弯曲的

监视器要求有非常稳定的直流供电。对于所有的彩色监视器而言，由称作开关型供电电源（SMPS，Switched Mode Power Supply）的一类电源供电，采用这种电源是因为它的高效率。交流 230V 主干线供电是全波形整流的并且是平滑的，为的是产生 320V 的直流。之后这个直流以高频（40～80kHz）开关通过变压器一次绕组（transformer primary winding）。二次绕组的感应电压被整形平滑，

产生各种高压和低压直流供电。

SMPS 的原理如图 7-9 所示，该图说明这类电源的一项非常重要的特征：主干线隔离。至关重要的是，CCTV 系统中直流电源的 0V 侧隔离于交流主干线供电侧。就摄像机、控制器和复用器这些设备而言，主干线变压器起到这种隔离作用。但是，在监视器中，可能通过桥接整流器找到 0V 线到交流主干线供电的一条回路。如果发生这种情况，就可能导致 CCTV 系统接地连接，导致监视器中的熔丝熔断以及 RCD 出错。但是，如果在系统中出现接地故障，则 CCTV 系统的所有金属部分就会通电，这可能具有致命的后果。

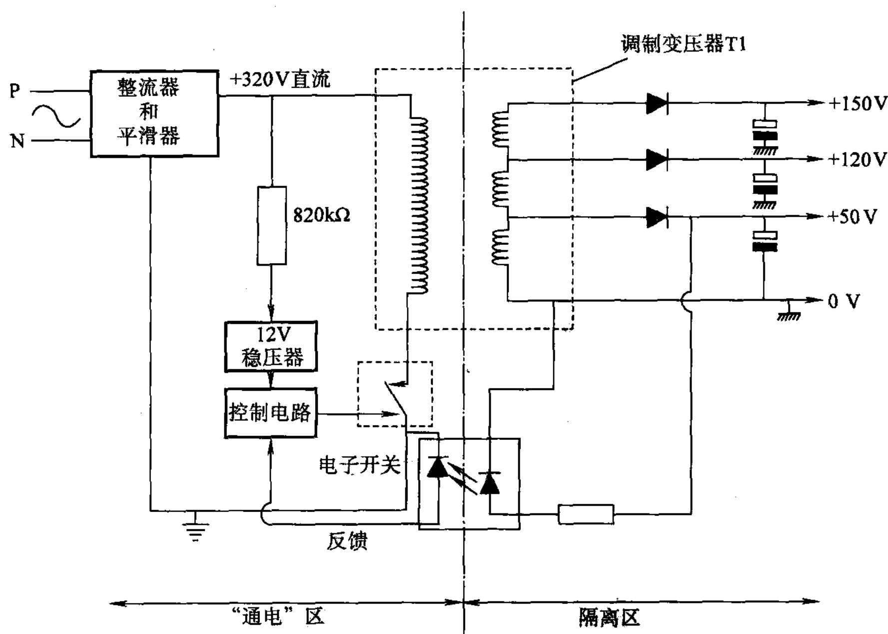


图 7-9　SMPS 的原理，图解说明断续器（chopper）变压器的隔离效应

通过使用如图 7-9 所示的连接电路，0V 直流线通过变压器的作用完全隔离于“通电”区。即使从输出到控制电路的反馈（为了维持一个稳定的直流输出，这是必要的）也通过一个光耦合器进行隔离。重要的是，不要试图修改监视器中的电源供电部分，因为这可能会破坏这种隔离，且这部分中所有维修工作必须由合格的电视维修工程师执行，该工程师的角色和所接受的培训是多少不同于 CCTV 工程师的。

警告：当监视器处于待机状态时，SMPS 并没有关闭；它只是简单地将 150V 的供电电压降低到监视器不能正常工作的水平而已。这样可以维持到 CPU 的 +5V 供电，为的是它能够接收并处理不再待机的命令。如果工程师要在监视器处于待机模式时，拆下监视器的外壳，就存在受到来自 320V 整流直流或交流主干线的

致命电击，非常危险。

7.4 监视器安全

监视器应该请合格的电视维修工程师维修，CCTV 工程师仅应该执行本章列出的图像调整工作。但是，有时需要将监视器外壳拆下，在这种情况下，工程师必须知道，这样做就立刻将他/她自己和范围内的任何人置于致命电击的可能之下。例如 150V 直流线轨能够传递足够致命的电流，当施加到胸部时是特别地致命的。这在如下情况下是很容易发生的，即工程师一只手握住机架上使之稳定，另一只手无意中滑入并接触到连接到高压供电的部件，如图 7-10 所示。



图 7-10 电流从正极（右手）流出，通过身体并回到负极（左手）

如图 7-10 所示，工程师将其左手放在设备的处于负电位的金属壳（或机架）上，他正在调整这台设备。如果他的右手无意中滑落并接触一个高电压接触点，则在他的双手之间将形成一个电流路径，该路径直接经过他的胸部，并因此经过心脏。我们已经说明这是一种非常危险的状况。

无论何时对通电的监视器进行操作，“单手”方法都是应该遵循的。这意味着，在监视器连接到供电主干线时，工程师不要同时将双手放在监视器上面或内部，这样就降低了电流通过胸部造成电击的机会。这种情形如图 7-11 所示，工程师工作时，一只手远离机架（他的手在工作台上，但手也可放在设备的塑料

或木质表面）。在这种情形中，没有电路通路，因此就不存在电流。



图 7-11　假定工作台顶部是绝缘的，就不存在通路，所以就没有电流流动

当然，仍然存在受到来自电源到接地的电击的可能，这是在调节带电监视器时要注意的第二项安全重点。当调节（工作维修）连接到供电主干线的通电设备时，设备必须通过一台主干线隔离变压器进行连接。对于小型的彩色监视器，500VA 的额定功率就足够了。但是对于具有较大屏幕的型号，必须使用 750VA 的变压器。

在现场维修监视器，常常是不现实的。230V 交流隔离变压器并不能作为 CCTV 维修工程师工具箱的一个常备部件；通常在受限的工作条件中，单手工作可能是困难的；当监视器暴露（拆盖）时，确保控制室/区域工作人员的安全也会是困难的。结果就是，正常情况下，故障的监视器会被换回，并送到车间进行维修。

在欧洲，维修监视器之后必须进行 PAT 测试，以证明它的完整性。

CCTV 工程师必须要测试的一点是具有金属壳的监视器上接地的完整性。这不仅包括主连接器插头接地，而且包括主干线供电插座接地，其中监视器要连接到插座。在较恶劣的场景中，没有接地的故障监视器可能不仅导致其自身外壳是带电的，而且不会使包括金属摄像机外罩、安装架等的整个 CCTV 系统都带电。

7.5　液晶显示器

作为较小尺寸 CRT 显示器的替代品，液晶显示器（LCD）无疑是当前最流

行的选择。主要是因为比起最具竞争的等离子显示器（我们将在本章后面介绍），它是不太昂贵的。对于计算机世界而言，LCD 必定是 CRT 显示器的特别有力的竞争者。但这是因为计算机图形不是快速运动的，这意味着像素的刷新速率不必非常高，且正常情况下，用户也不用很宽的视角。一旦我们要求设备具有200°左右的视角；再生快速运动物体的刷新频率足够高，而不产生模糊图像；具有高对比度和亮度等级，那么只有比较昂贵和精制的 LCD 才比较接近（能够满足要求）。

早期 LCD 显示设备采用一种称为动态散射模式（DSM，Dynamic Scattering Mode）的液晶；但是，这类液晶效果不是非常好，很快地由扭曲向列（TN，Twisted Nematic）类型替代。TN 液晶显示器仍然是目前最流行的，虽然已经发展形成了很多其他变种，例如 STN（Super Twisted Nematic，超扭曲向列）和 TSTN（Triple STN，三倍 STN）。随着扫描线数的增加，基本 TN 器件就会损失对比度（记住 PC 监视器可能产生比电视中所用625 线更高的扫描线）。虽然 TSTN 是真正为大型屏幕黑白单色显示器而开发的，但 STN 和 TSTN 能够在高的线速率时具有高的对比度边界。

液晶是介于固体和液体的一种物质。长晶体分子形成一个螺旋结构，这个结构具有如下作用，即通过晶体的任何光线都要经过 90°的极性偏转。当在晶体上施加一个电压时，螺旋结构就被打破，入射光就会不受影响地通过。

LCD 平板可分为两类：反射型和透过型。反射型平板改变施加到晶体上的控制电压来确定从晶体反射的光能，而透过型平板控制穿过的光能。反射型的一个应用范例是袖珍计算器，入射光不是被晶体反射，就是穿过晶体被黑色后板吸收。TV 平板显示器利用透过技术，允许来自背光源的光通过晶体，或被晶体阻挡。要指出的重要一点是，与 CRT 或等离子的显示不同，LCD 不产生任何光，且其工作完全依赖于外部光源。

LCD 的基本工作原理如图 7-12 所示。如果我们暂时忽略晶体单元，来自背光源的光会受到两个极化玻璃板的作用。垂直极化板将仅允许垂直极化的光通过，水平极化板将仅允许水平极化光通过。因此，在前端屏幕的光输出将是零，因为第一个板将阻挡水平极化光，第二个板仅允许水平极化光通过。

通过输入数据，液晶单元被独立地充电到一个电动势，该电动势是相对于显示中每个像素的视频信号等级的。考虑如图 7-12 所示的像素单元“a”。当没有电荷施加到单元时，螺旋结构将是完整的，通过单元的光被偏转 90°极性，使之水平极化。这意味着，光将能够通过水平极化板，输出亮度将能在那个像素位置观察到。图 7-12 所示的单元“b”，施加最大电荷，螺旋结构断裂，光会无影响地通过，因此被水平极化板阻断。这等效于一个黑色像素位置。对于单元“c”，50% 电荷等级导致螺旋结构的部分断裂，意味着光被偏转 45°，部分光将通过前

端屏幕。这代表了在这个像素位置处，输出50%的光。

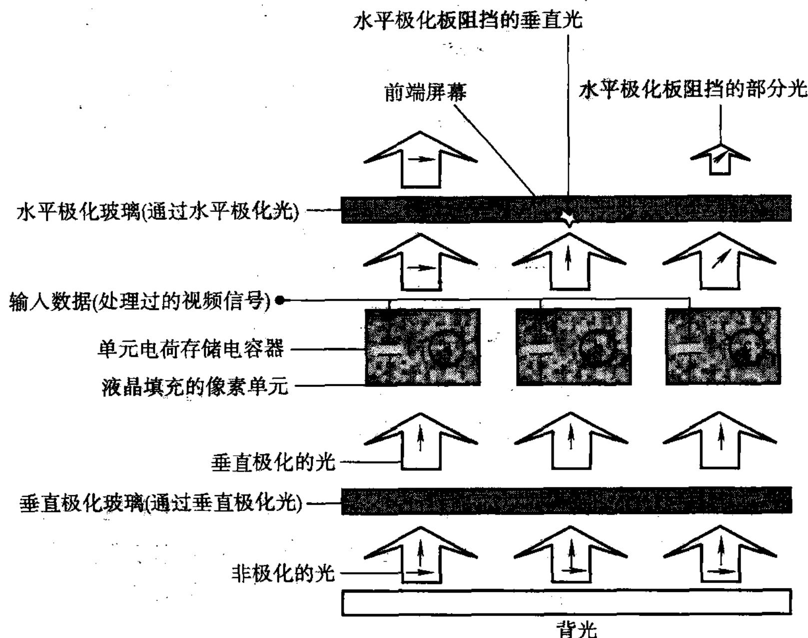


图7-12 LCD显示平板的工作原理

为了使晶体单元对亮度等级的快速变化做出响应，控制单元中电容器充电/放电的开关器件必须能够非常快速地开关。起到开关作用的器件是在薄膜上制造的晶体管——因此它们的名字是薄膜晶体管（TFT）。不采用TFT的较早期LCD平板响应时间较长，这导致快速运动物体的图像模糊以及对比度等级的降低。TFT的变化很多，但最常见的是非晶态硅类型，原因是这种类型晶体制造相对容易。TFT的另一类型是多晶硅，它提供比非晶态硅高得多的刷新速率，但是制造起来比较困难，特别是大型尺寸尤其如此。这些器件已经在LCD视频放映机中找到一席用武之地，它要求分辨率很高和快速刷新，但平板尺寸不需非常大。

到此为止，我们已经知道LCD显示如何产生一幅黑白单色图像。为了产生彩色图像，我们应用与彩色CRT中所采用的几乎相同的原理。记住，我们要用三基色（R、G和B）来产生彩色光谱，LCD像素是以三个LCD为一组排列的，在每个像素前面放置一个滤波器。这导致每个像素仅放射三基色之一。图7-13所示的是不同滤波器排列；但是，条带滤波器是最普遍用于TV显示器件的。

在本书第5章，我们看到，当模拟视频信号转换为数字格式时，它一般情况下表示为8比特二进制字，这给出$2^8=256$对比度等级。在一个LCD平板显示器

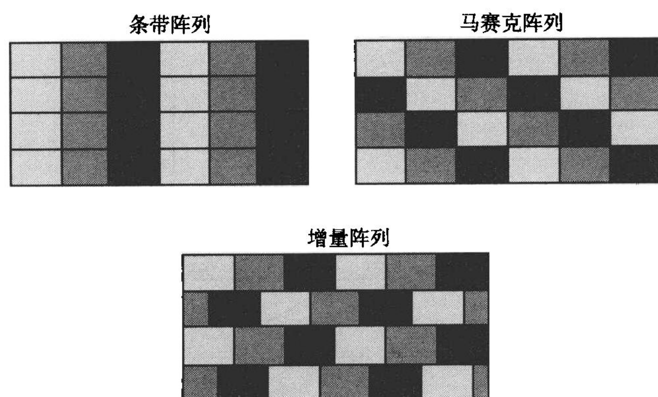


图 7-13 在 LCD 平板显示中采用的 RGB 像素单元阵列图案
（条带阵列是最常见的类型）

中，晶体单元是使用数字视频信号寻址的，这意味着它（常常地）能够再生 256 灰度等级。对于彩色显示器而言，记住，我们具有三种不同的彩色像素，每个像素能够再生 256 个等级，我们能够获得的最大彩色数是 256 × 256 × 256 ≈ 1678 万。

显示平板包含的像素数将依据其尺寸和设备的成本而变化。例如，SVGA LCD 显示平板将要求具有 800 × 600 的像素尺寸。但是，记住，为了构成一个彩色像素，要求包含三个 LCD 单元，则要求的单元数量将是 800 × 600 × 3 = 144 万。

一般情况下，背光源采用冷荧光管（虽然一些较大型显示器采用钨-卤或金属-卤化物器件），由 500 ~ 700V 左右的高频交流供电驱动。为了确保它不会导致图像帧率的跨越（Strode）效应，就要仔细地选择驱动频率，典型的频率在 40 ~ 60kHz。波形必须是纯正弦波形，因为在这样高的电压下，任何谐波成分可能导致与周围处理电路发生干扰，甚至与周围附近设备发生干扰。LCD 显示器可能最普遍的故障是背光源故障，原因是电子管自身的寿命有限。并且产生驱动电压的供电电源会发热，因此，背光源更容易发生故障。

数年来困扰 LCD 显示设备的两个问题是对比度和光输出低。在最近些年来，制造商已经设计采用一些智能技术，来克服这些问题。虽然每家制造商都有其自己的方法，但一般的原则如下：为了增加光输出范围，显示处理器监视每幅图像帧平均光等级。当它检测到一幅全亮的图像，处理器就增加背光的亮度。相反地，对于一幅暗图像成分，背光等级降低。这项技术也可相当程度地改善对比度。

采用动态 gamma 控制，可进一步改善对比度。gamma 控制也要监视每幅图

像的平均亮度。当平均亮度高时，控制器增加亮度信号的幅度。相反，对于一幅暗图像，就降低亮度等级。通过改变亮度等级，实际上我们在改变对比度，但它是与平均亮度等级有关的，所以改变并不明显。

与LCD平板有关的另一个问题是当与CRT或等离子显示器相比时，LCD平板的视角较差。许多年来，LCD平板显示器的视角是非常差的（目前此问题仍然存在于许多不太贵的LCD显示器上）。但是，人们开发了一些方法来解决。这些方法支持在每个像素上固定某种形式的镜头，使它在更宽的区域上扩散光。因此，现在可得到140°量级的视角。

7.6 等离子平板显示器

人们已经使用了许多年的等离子显示设备，在电视市场上，对LCD设备形成了挑战。许多年来，竞争市场是相对平衡的一个市场，LCD显示器（PDP）占据其中较小的平面屏幕市场（主要是因为很难经济地制造大型尺寸LCD显示器），等离子显示器（PDP）主导大型平板屏幕市场。在早些年中，等离子显示器是非常昂贵的，但还存在清晰度不够、对比度较差和寿命相对短（大约为3年）的问题。

最近几年，竞争市场已经发生变化。现在已经有较大型的LCD显示器（图像质量已有较大提高），这归功于改进的制造和图像处理技术。而等离子显示器也提高了分辨率、改进了对比度范围，寿命更长。在本书撰写之时，还要看市场走向，还不知道LCD是否能如当前所构成的威胁那样最后将成功地主导市场。

等离子显示器的原理可理解为，如常规荧光管当承受高电子电荷时，就开始发光，原因是内部气体分解为等离子。等离子显示设备中的每个像素都充满氙气和氖气的混合气体，有电极固定连接到各像素。当在电极间施加电压时，气体分解且一些电子能量转换为电磁波，即转换为光。产生的光在UV光谱段。但是，通过在每个单元内部添加磷，将之转换为可见的红、绿和蓝光。当磷被UV光击中时，就发生受激放射，则顺次放射可见光。

每三个等离子放电单元产生一个像素，其中每个单元包含一种类型的磷。因此每个像素包括一个红色、一个绿色和一个蓝色发光单元。单个像素的基本构造如图7-14所示，其中可以看到每个单元实际上有三个电极。稍后我们将介绍这些电极的功能。在图中可看到磷衬料（linings），当发生放电时，磷通过前部屏幕放射可见光。连接到前部玻璃的电极是由透明材料制造的，所以在屏幕上电极是不可见的。

为了产生不同颜色的像素，就有必要阻止一些单元发光。例如，如果一些像素需要呈现黄色，那么仅有红色和绿色单元必须发光。通过将单元的驱动电路设

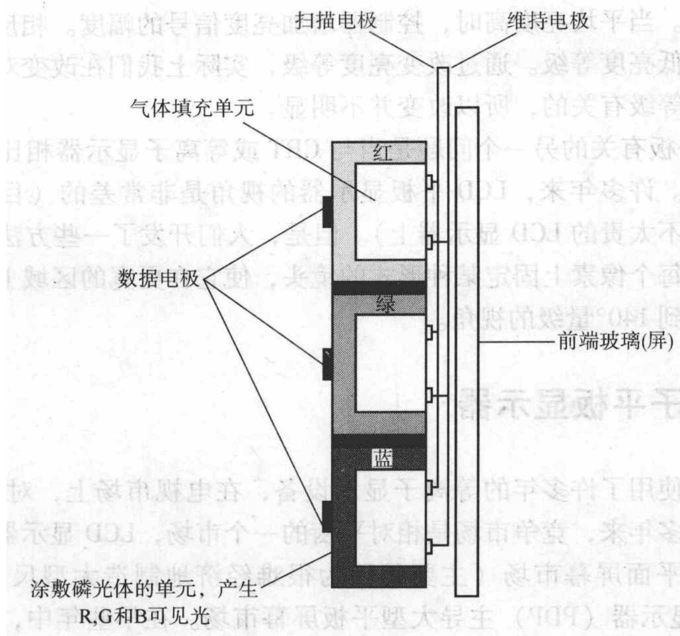


图 7-14 等离子显示板的像素单元构造

为逻辑 1 或 0，由数据电极控制单元的发光。仅有那些标记为 1 的单元在放电期间才发光。

由保持电极来确定单元将维持其放电的时间长度。放电周期越长，单元呈现的就越亮。扫描电极与保持电极一起工作，产生放电电动势并提供一个放电电流路径。对于每个 TV 帧，显示过程通过三步周期完成：设定、寻址和放电（有时称为初始化、写和保持）。

记住，单元仍然要在最后的 TV 帧点亮，在下一帧的开始有必要确保所有单元都是熄灭的，且恢复到一个中性状态。为了做到这点，在扫描电极和保持电极之间施加一个设定脉冲，导致气体产生一个小的、低电平放电。

紧接着这个短的设定周期，寻址周期开始。这是通过施加一个逻辑电平到一个单元电极控制电路完成的，使用数字化视频信号确定该单元是否应该发光以及发光时间。对于需设定为逻辑 1 的每个单元，一个负脉冲施加到数据电极，一个正脉冲施加到扫描电极。这具有对气体充电的效应，在这个状态，实际上不放射任何光能。寻址周期持续大约 2ms，在这个时间内，对所有单元寻址并按需要进行充电。

接着寻址周期的是放电（或保持）周期，其中所有已经充电的单元将同时放电，产生图像帧。放电是这样做到的，即通过对保持电极和扫描电极施加脉冲，使之在气体中产生高电动势，使气体被击穿并放射光能。单元的亮度取决于施加保持脉冲的时间长度，该时间长度又取决于对应于这个图像单元的数字视频

信号的二进制数值。如 LCD 平板显示器一样，标准情况下使用 8-比特视频，它给出 256 级灰度和 1678 万色，虽然一些监视器可能采用 10-比特视频，它给出 1024 级灰度和 10.7 亿色（理论上！）。

CRT 的图像帧是在两个连续场上扫描呈现的，等离子显示器与之不同，是同时产生所有像素。因此，输入的视频信号必须在施加到显示控制电路之前被解交织（de-interlaced），产生逐行扫描（progressive scan）。记住使用交错扫描为的是避免与 CRT 相关的图像闪烁问题。等离子显示在这种方式下是不闪烁的，所以就没有必要保留交织扫描。

对于要显示较高的分辨率，平板显示器就出现了问题，因为那样所需大量单元就意味着寻址周期太长了。为了克服这个问题，一些制造商将屏幕分成上下两半（就寻址而言），以使同时能够寻址两行像素，将寻址周期降低 50%，原理如图 7-15 所示。这种做法的问题是，监视器需要两个显示驱动电路，增加了成本。

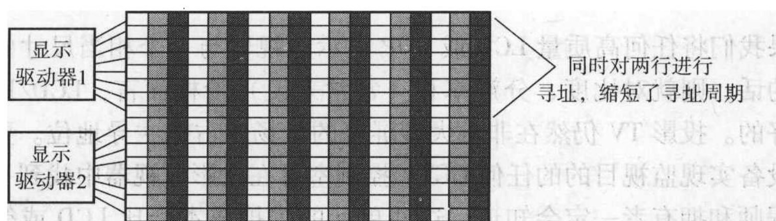


图 7-15　通过将平板显示器分成两半并利用独立的显示驱动，能够同时寻址两个像素行

PDP 设备的一个问题是对比度范围不良，这是由于它们缺乏在图像中产生真正黑电平的能力。由于在每帧周期末尾，单元必要放电（由扫描脉冲作用激发）而产生低等级光发射。最近几年，一些 PDP 设备制造商已经采用改进扫描脉冲作用的独特方法，使单元放电更加缓和，因此不会产生相同量的 UV 能量。

PDP 设备中另一个固有的问题是称为虚影（false contours）的一种效应。这种效应仅发生于运动图像上，且常常出现在较亮的图像区域，其中某些区域呈现曝光过度的现象。这种现象的原因是单元驱动电路中设定放电周期的编码问题，当人眼跟踪屏幕上一幅运动图像时，人眼将如此编码的邻接单元的光等级成分叠加在一起。同样，不同制造商找到了这个问题的不同解决方案，其中一些方案比其他方案性能要好，这就是为什么一种 PDP 看来比另一种 PDP 性能更好的原因。一般而言，虚影可通过控制放电脉冲加以克服，在此种情形中眼睛不能将迅速运动（bright moving）物体中相邻单元中的信息进行集成合并。

在 CCTV 应用中，等离子显示设备是否具有发展前景还有待于观察。一些控制室已经采用它们作为提供普通监视或复用显示的大型屏幕。但是，这也许是在

大型屏幕 LCD 商用之前的情况。PDP 的未来将取决于它以 LCD 相同的速率开发并改进性能的能力，因此在图像质量和价格方面保持竞争力。

7.7 投影系统

无论从哪个方面来说，视频投影都不是一种新的技术。回溯到 20 世纪 50 年代，开发出的黑白投影电视提供 12″的电视 CRT 的一种大型屏幕替代品。在当时，12″的电视 CRT 是最大可用的屏幕尺寸。后来许多年，投影监视器都是大型的、笨重的、昂贵的单元，它产生低分辨率的彩色图像，提供非常窄的视角和较差的对比率。几乎不能称其为 CCTV 控制室中的一个竞争者！技术方面的进展已经将投影监视器向前推进了一大步，且近些年来，已经出现许多型号，当从一定距离（这是任何大型屏幕所指观看的距离！）观看时，确实能提供合理的图像质量。

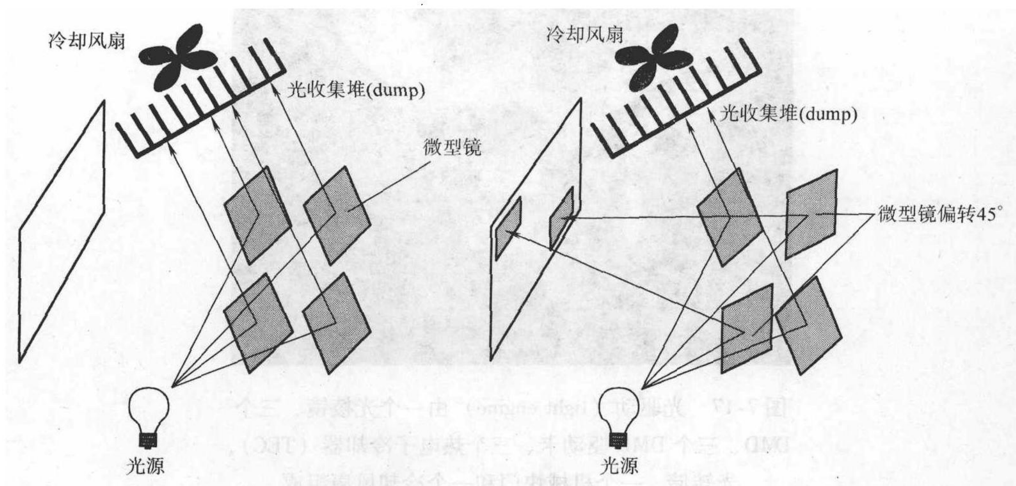
如果我们将任何高质量 LCD 或 PDP 显示监视器与一个相当尺寸的投影监视器比较的话，则就对比度、分辨率和（常常来说）价格而言，LCD/PDP 型号将总是最好的。投影 TV 仍然在非常大型屏幕的市场中占据主导地位。要用非常大型显示设备实现监视目的的任何 CCTV 控制室可在投影监视器中找到一种解决方案。工程师和拥有者一定会知道，这些单元的维护成本会比 LCD 或等离子显示设备要高，原因是其灯泡的寿命（短）。聪明的做法是，检查这些设备指定所用灯泡的寿命，并必要替换灯泡。单单灯泡的替换成本就达到至少数百英镑，有时会达到数千英镑。

投影监视器常常采用光驱动（light engine）的 LCD 平板显示来产生红、绿和蓝像素。相比于 LCD 平板显示的工作原理而言，投影监视器的工作原理是非常简单的，除了前者使用一个相对低的输出背光源作为一个光源外，投影监视器采用一个高亮度氙灯，光输出在 1000～2000lm 的量级。

自包含投影监视器的一个替代品是视频投影仪。这里有两项竞争性的技术：LCD 和数字光处理器（Digital Light Processor，DLP）投影仪。后者是围绕数字镜器件（Digital Mirror Device，DMD）光投影驱动（projection engine）设计的，由美国德州仪器（Texas Instrument，TI）公司制造。

DLP 基本原理如图 7-16 所示，其中指出了四个镜片的作用。通过施加一个驱动电压，每个镜片能够旋转 45°。驱动电压是由一个二进制地址控制的，该地址确定了每个镜片产生的像素亮度。当不施加偏转电压时，镜片都处于它们的闲置位置，且光反射到投影仪内部的一个光转储（dump）区。当向镜片施加一个电压时，镜片倾斜，光反射，穿过镜头组件。图 7-16a 所示四个镜片处于它们的闲置位置，因此没有光输出到屏幕。图 7-16b 所示两个镜片被旋转，因此它们的

光输出投影到屏幕，产生两个像素。



a）DMD工作原理
当所有微型镜片设定到它们的缺省位置时，
所有光反射到光转储上。

b）将微型镜片偏转45°，使光反射
穿过前部镜头，到达屏幕之上

图7-16 DLP基本原理

一个实际的DMD至少由130万个微小的铝镜片组成，产生大型屏幕投影图像所要求的像素数。通过在每个TV帧周期中振荡镜片，得到灰度等级，振荡的占空比确定了每个像素的亮度。例如，1:1振荡速率将产生正常灰度等级，而3:1振荡速率将产生一个暗灰像素，原因是落到镜片上75%的光将被反射到光转储之上。

光驱动（light engine）是赋予如下组件的名称，该组件包括3个DMD芯片以及以一个大型棱镜为中心的相关光学组件（见图7-17）。棱镜的作用是将白光分离为红、绿和蓝成分，并将这三个输出聚焦到相应的DMD上。之后，从DMD镜片反射的光通过棱镜回来，到达主光学镜头组件或光转储之上（这取决于镜片方向），其原理如图7-18所示。

DLP相比LCD投影设备，其主要优势如图7-19所示。从图中可看出，镜片的密度远高于LCD单元的密度。这是由于在一个DLP驱动（engine）中像素器件之间不需要任何分离器（separator）。这样，较高的镜片密度产生了非常高效率的光输出。DLP投影仪常常采用改进的镜片驱动调制技术（类似于在等离子显示中使用的技术），用来提供改善的对比度并克服由人眼叠加来自邻近像素光而导致的不期望效应。

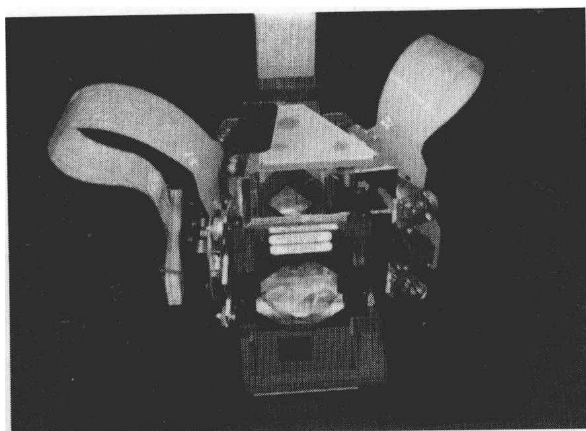


图7-17 光驱动（light engine）由一个光棱镜、三个DMD、三个DMD驱动卡、三个热电子冷却器（TEC）、光转储、一个机械快门和一个冷却风扇组成

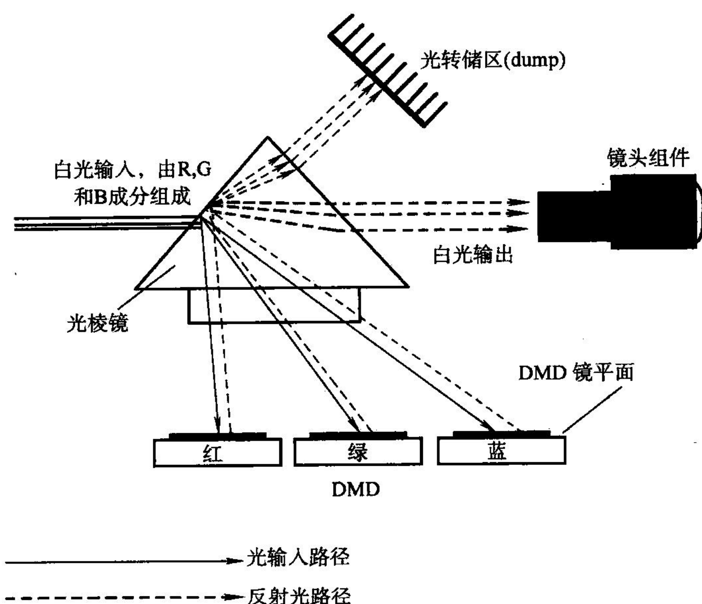


图7-18 光棱镜分离R、G和B光成分，并将它们聚焦到相应的DMD器件上。之后反射光路径返回通过棱镜，在这里，由于每个微型镜片各自的角度，它们分别到达主光学镜头或到达光转储

虽然视频投影仪能够生成高分辨率的大型图像，但这是以相当高的代价得到的。而且，由于它们产生的噪声和热量，加上它们必须具有清晰的、无阻挡视野

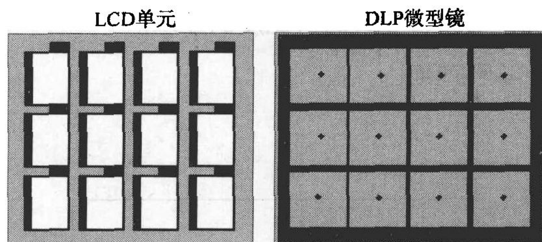


图 7-19　DLP 技术使镜片能够比 LCD 单元进行更高密度的封装，得到较高的光输出效率

的屏幕，视频投影仪对于 CCTV 控制室中常规的观察应用而言，不是通常的选择。

7.8　终结开关

在本书第 2 章图 2-6 中，我们看到为了在任何两个器件之间发生最大的功率转换，第一个器件的输出阻抗必须等于第二个器件的输入阻抗。当阻抗不匹配时，一些信号将有明显的损失，且在一个信号传输系统的情形中，会发生信号反射。图 7-20a 给出在 CCTV 设备任意部件上复合视频输入/输出连接的无源电路。采用这种电路，输入和输出插座实际上是平行地跨过一个电阻的。这意味着在输出处的阻抗改变将改变在输入处的阻抗。因此为了匹配同轴线缆，输入阻抗应该是 75Ω，该阻抗取决于是否有另一件设备连接到视频输出插座。

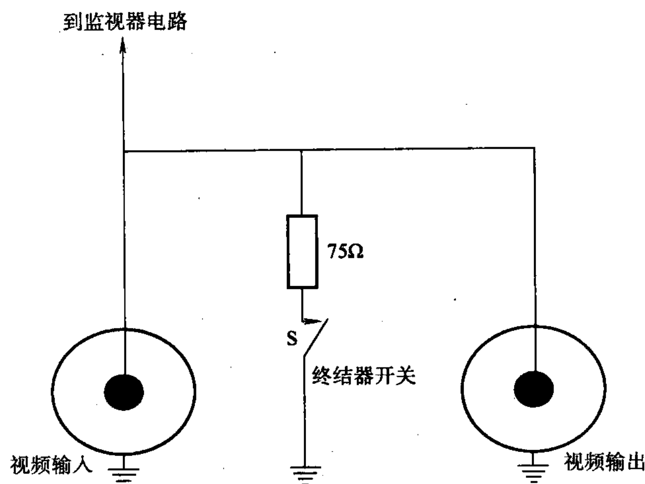
在图 7-20a 中，当一个设备连接到输出插座时，正确的阻抗匹配将由该设备的输入阻抗而定。当没有设备连接到输出插座时，可采用一个开关 75Ω 电阻维持正确的阻抗匹配。

许多年来，这个选择器开关，通常称为终结开关，是由安装工程师手工设置的。正确的设置方法是，除了设备链中末端的一个设备设置为“闭合”之外，链中每个设备的开关都设在“断开”或“闭合”的位置。近些年来，这个开关已经自动化，使之成为输出 BNC 插座的一部分。当没有设备连接到输出插座时，这个开关是闭合的，将电阻联入电路。将一个 BNC 插头连接进入到插座的动作就使开关接触打开（开路）。

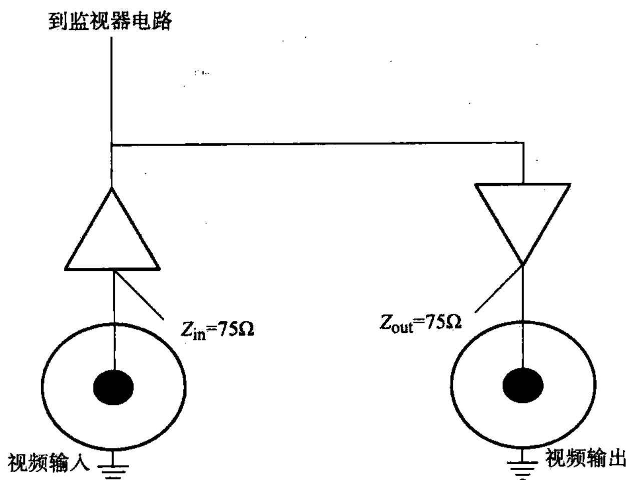
自动终结开关的一种替代的且更有效的方法如图 7-20b 所示，其中在输入和输出插座处采用有源缓冲放大器。

在一个 CCTV 安装中，正确的终结是重要的。再看看图 7-20a，可以看出，如果当一个设备连接到输出时，电阻切换到电路中，则阻抗将低于 75Ω。这将导致信号的衰减，产生一幅劣对比度的图像。如果没有设备连接到输出时，开关仍

然打开，则输入阻抗将增加，导致高对比度的显示。



a）在一个监视器电路上终结器开关电路



b）使用缓冲放大器维持正确的阻抗匹配

图 7-20　视频输入/输出连接无源电路

容易想到，通过简单地调整监视器上的对比度控制，能够容易地校正一幅低对比度或高对比度的图像。但是，设置不正确的开关可能产生更严重的后果。在电阻不应该接入而接入的情况下，衰减的信号就通过并进入到链中的下一个设备，如此等等。类似地，当监视器是链中最后一件设备而忽略电阻时，多余的信号电平可能导致帧滚动，原因是由同步脉冲的环回（clipping）作用导致的。

在远程测量沿同轴视频线缆向下传输的系统中，明显可能有更严重的后果

(见本书第10章)。记住，同轴线缆是作为*LC*调节电路使用的，且沿线缆长度存在驻波。如我们在本书第2章中看到的，当终结阻抗不正确时，就会改变驻波，且反射沿线缆向下传播。这样的一种状态可能导致遥测数据破坏，产生远程摄像机控制的间断或永久损失，等等。

偶然情况下，工程师可能遇到这样一种情况，就是既没有一个输入缓冲也没有一个终结器开关。在这样的情形中，应该采用一个75Ω终结器。这些器件看起来像一个封装的BNC连接器，但是，它们具有一个内部的75Ω电阻。

7.9 分辨率

这是在TVL中通常引用的，其定义在本书第6章中给出（见图6-15）。

监视器分辨率主要由显示器件的质量决定，虽然驱动电路的设计也具有一些影响。快速浏览任何CCTV供应产品目录，就可看到分辨率从300TVL到超过1000TVL的各种监视器。虽然加上摄像机，但高分辨率黑白单色监视器都要比其中等分辨率的彩色监视器便宜得多。

当为一项特定应用选择一台监视器时，分辨率是必须考虑的一个因素。但是，应该记住的是，对于CRT监视器，所引用的TVL参数将不能应用到整个屏幕区域，原因是CRT在其边缘有电子束散焦（de-focusing）问题，特别是在边角，这个问题就更严重。另外，彩色CRT经常在屏幕边角遇到汇聚问题。如果我们考虑到摄像机镜头引入的边缘周围的图像失真问题，那么极不可能看到的是，具有400 TVL分辨率的一台监视器能够在其100%的屏幕区域上产生这样的分辨率。作为一条经验规则，假设在屏幕中央的一个矩形，其面积大约等于屏幕面积的三分之一，那么这就是将得到所引用分辨率的地方。因此，如果在图像边缘要求有400 TVL的分辨率，那么将极可能需要分辨率为450 TVL左右的一台监视器。

7.10 人类工程学

一些CRT监视器的设计来自于室内TV接收机，但去掉了调节和RF信号处理部分，并添加各种视频（和可能的音频）输入/输出插座。因为是依据室内接收机设计的，这些监视器常常可提供很高的分辨率。但是，模具塑料外壳不会使它们特别地坚固，对于它们（模具塑料壳）而言不能堆叠摆放。矩形设计的金属壳通常更适合于CCTV应用，因为它更能够承受工业环境，且可以将设备单元堆叠成排。

在初始场点调查过程中，应该仔细考虑监视器放置的位置。此时应该考虑的

事情，例如观看高度，距离和角度，通风，监视器尺寸，显示器类型和分辨率。控制中心的人类工程学设计是有相关标准（ISO11064：控制中心的人类工程学设计）的，且这些标准对CCTV控制室的设计和布局具有极大的影响。

一般而言，监视器应该放置在这样的位置，即在一段时间内操作员观看不会造成不舒服的位置。从操作员到监视器的距离取决于监视器的尺寸和功能。但是，在新的标准中列出了相关建议，见表7-1，还有在CCTV的BSIA实践规则（BSIA Code Of Practice for CCTV）（BSIA No. 109，第2期，1991-10）中所引用的数字。除了距离之外，观看角度一定不要过大。就远离操作员的监视器而言，建议最大角度为30°。对于直接安装在操作员前面桌子上的一台监视器，最大角度为15°。同样，将监视器放在这样的地点，使之不被来自光源的强光所损伤，否则必须采取措施去除或遮盖强光源。另一种方法是，可将一个反光屏幕固定到监视器上，虽然这会降低光输出。

表7-1 监视器尺寸与观察距离相关标准

监视器尺寸/cm	观看距离（ISO 11064）/m	观看距离（BSIA COP）/m
23（9″）	0.9～1.2	1～2
30（12″）	1.2～3.0	2～3（还包括29cm（14″）监视器）
43（17″）	1.3～3.6	—
53（21″）	1.3～4.6	3～5（还包括51cm（20″）监视器）

注：一些BSIA数字是与不同监视器尺寸有点相关的。在这样的情形中，监视器尺寸在括号中给出。

当堆叠或上架监视器时，要考虑的一点是通风。如果使监视器持续地工作在高温情况下，监视器的可靠性将会降低，在中心处大量地紧密封装堆叠设备单元会使监视器容易过热。当然就监视器如何安装并不总是取决于安装或维修工程师，但应该向客户指出在哪里会发现监视器过热以及与此相关的灾难（不可靠、火灾等）。

要求的监视器尺寸取决于如下因素，例如要分辨的细节量以及要显示的图像数量。例如，在一台23cm监视器上显示16幅图像是不实际的。

最后，确保在安装之后能够接触到监视器。操作员定期地清洁屏幕并偶尔做出调整将是必要的。当监视器出现故障时，维修工程师可以将其取下并安装临时的或永久的替代显示器也将是必须考虑到的。

第8章 视频录制设备

录制CCTV图像的能力是极其重要的，原因是这不仅增强在无人看管时系统的有效性，而且为控制室操作员提供证据（操作员由其工作性质可亲眼目睹他们正在监控的偶然发生的事件）。一方面，视频证据的质量最多与系统性能所允许的一样好；另一方面，如果录制设备的指标与系统的指标不匹配，或设备没有正确地设置或维护不良，那么录制的视频证据质量也许远低于系统提供的实况图像质量。

直到20世纪70年代后期，出现VHS（视频家庭系统，Vedio home System）之时，安全工业才有了可靠录制系统的设备来完善（装配）CCTV的安装。在此之前，可用于CCTV工业界的惟一录制媒体是仅以黑白单色录制的开盘式机，且由于它们的成本高、录制时间短、分辨率低和维护要求高而不太成功。对VHS的进一步改进而出现了定时录制和一种增强的VHS制式——超级VHS（Super VHS)。面向CCTV业界的此类设备能提供符合要求的录制时长和图像分辨率。但是，维护和磁带管理的要求较高的问题依然存在，且随着CCTV系统规模的增大，这些问题变得日益明显。

自20世纪90年代早期以来，数字视频录制已经可用于CCTV工业。但是，许多年来，录制TV帧的文件尺寸很大，磁盘容量和处理器能力的限制，就意味着录制时间是非常有限的，且帧更新速率很低。

结果，这些机器仍然严重依赖于DAT（数字音频磁带，Digital Audio Tape）录音机来记录连续的影像。并且因为DAT仅是VCR技术（它实际上是从索尼公司的早期Betamax技术演变而来的）的一个变种，所以许多安装人员和用户都决定继续采用S-VHS。模拟磁带和硬盘录音机之间的折中方案，可以在各种数字磁带制式中找到，这些制式在20世纪90年代后期就存在了。这些制式的两个典型范例是数字定时（D-TL，Digital Time-Lapse）制式（由松下公司和三洋公司联合开发的）和索尼数字视频（DV，Digital Video）制式。但是，不管其卓越的图像质量以及质量不随时间恶化的事实，还是存在磁带管理问题需要解决。

到2000年左右，计算机技术已经取得如下的进步：已经存在更加可靠的基于磁盘的数字视频录像机；且自从那个时间起，出现了从模拟和数字磁带向基于磁盘DVR（数字视频录像机）和NVR（网络视频录像机）的快速转换。

在本章我们将仔细讨论视频录制的原理，重点放在基于磁盘的录制技术上。但是，因为在本书撰写之时，VHS仍然没有完全在工业界消失，所以在本章末，

我们将回顾一下定时 VHS 录像机。

8.1 数字视频录像机

一台数字视频录像机（DVR）基本上就是设计用来执行特定功能的一台 PC，它接受模拟和数字视频输入信号，数字化模拟信号，必要时压缩所有信号，并将这些信号录制在一块硬盘上。DVR 产品具有定制的设计，或者它是一个标准的 PC 机站，但无论哪种形式，它仍然采用最新的 PC 技术，包括高速度处理器（经常是双核），大容量硬盘，大容量 RAM，以及如 Microsoft Windows 或 Linux 的操作系统。因为 DVR 中的所有视频图像都是数字形式的，多数机器集成了一个多路复用器，所以在实际中它们是二合一的设备。多路复用原理将在本书第 9 章详细讨论。

从 20 世纪 90 年代初期的早期 DVR 来追溯 DVR 的演进发展之路是有趣的，当时因为 PC 技术的限制，就录制容量、帧刷新速率和图像质量而言，是非常有限的。随着处理器速度和内存容量持续增加，硬盘大小和可靠性的提高，以及压缩技术的演进变化，可以看到 DVR 性能的稳步提升。无疑随着 PC 技术不断突破新的约束限制以及压缩技术持续改进，这种趋势在可预见的将来，将继续下去。

经常见到，制造商将数字图像质量等同于模拟录制性能——例如，声称 20KB 的文件尺寸将产生 S-VHS 等效的图像性能。虽然这样是可以理解的，即他们试图使用一个类似的图像质量，来帮助安装人员和终端用户了解从一个给定文件尺寸可期望得到何种的质量。但事实上，以这种方式很难准确地比较模拟和数字图像，特别是对于使用了压缩方法的 MPEG。这是因为在数字录制中的损失在屏幕上看起来多少不同于模拟录制的损失。

在采用 MPEG 视频压缩的情况下，随着压缩量的增加，图像开始分成像素块，而这样的特征从来不会出现在模拟录像机上。但这些块经常在非常精细的图像细节的区域中是明显的，而这些区域模拟机是从来不会录制的。因此两种制式性能的比较揭示，虽然没有哪种制式能够再现一幅图像的特定部分，但损失却是以非常不同的方式展现出来的。在多数情况下，能够确定图像的比较区域时，会发现数字图像是更清晰的，并具有较大的对比度。另一方面，使用当前技术，相比于其模拟图像而言，已证明数字图像是比较难于增强的，这对关心视频信息用于法庭（forensic）分析的人们而言不是一条好消息。

那么是什么使一台 DVR 优于另一台 DVR 呢？当然，从处理器速度和类型，RAM 容量和硬盘容量都可做出区分。操作系统的类型也能够影响机器的速度。但也许最重要的考虑是硬盘的质量，硬盘是用来记录数字图像信息的。DVR 最大问

题之一是硬盘故障，原因是硬盘是全速运行的，每周 7 天，每天 24h（24/7）。制造定制 DVR 的较大型制造商，将只能使用为持续运行设计的高质量、服务器级的硬盘驱动器。但是，当选择使用基于标准 PC 的 DVR 时，要小心谨慎，因为这些机器是采用视频捕获卡和配用的应用软件进行安装的。如果这样的机器需要长时间地可靠运行，那么就必须采用高质量的硬盘驱动器。

DVR 的用户界面变化相当大。许多制造商选择了模仿 VHS 机器上的按钮，这对用户而言证明是非常友好的界面。这些用户并不太懂技术并竭力应付使用鼠标和软件应用，但每个人都知道如何使用 VCR 上的基本功能。

对基于改造 PC 的 DVR，用户界面倾向于通过 PC 显示器进行呈现。这些界面中的一些是比其他界面更友好的，在最后决定做出采用一种特定机器之前，应该进行测试。

8.2 DVR 原理

图 8-1 所示说明一台数字视频录像机的工作原理。为了机器能够高效地执行，核心 PC 部分应该配置高速双核处理器、大容量 RAM 以及专用硬盘驱动器

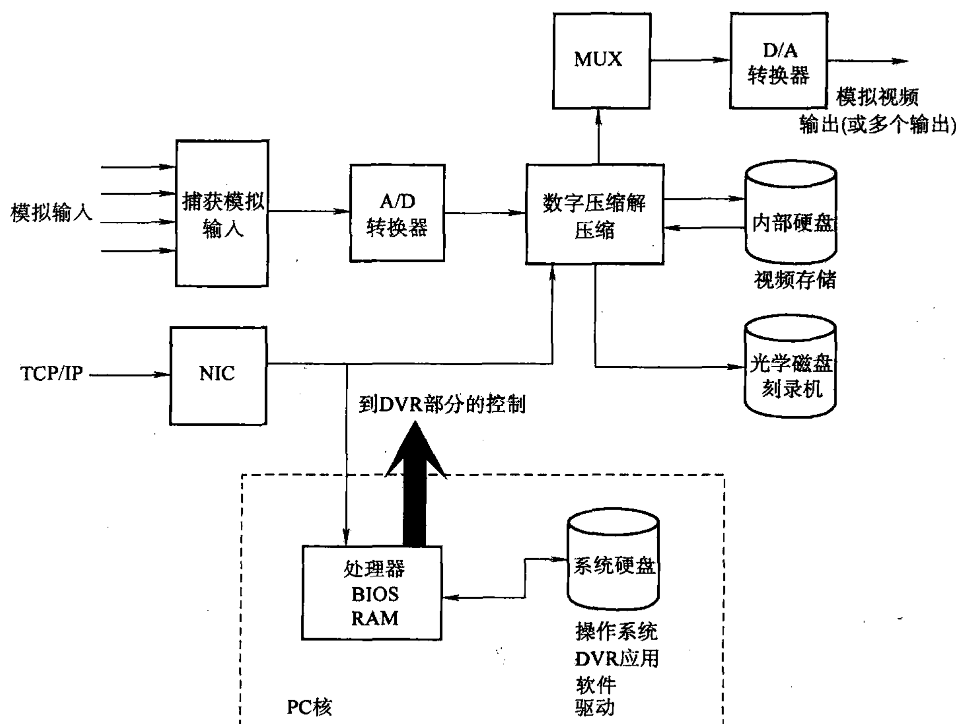


图 8-1　基于 PC 硬件和操作系统的典型 DVR 架构

（将在其上安装操作系统、DVR（和 MUX）应用软件、驱动等）。为了增加速度和可靠性，对于实际的视频存储，应该采用一块单独的硬盘驱动器（或多个驱动器）。在像本书一样的书籍中指定实际应用中处理器的速度和 RAM 容量是困难的，原因是这个领域中的技术变化如此之快，以致书籍内容很快就会变得过时。作为一条指导原则，记住，视频信号处理对 CPU 提出了很高的要求，对于视频图像压缩/解压缩过程中可用于缓冲的 RAM 容量，无论多大你都不可能觉得太多。所以，至少对于以后数年，比较安全的说法是，商用的最快速处理器将是任何 DVR 的首选，RAM 容量应该以吉字节（GB）度量而不是以兆字节（MB）度量。

图 8-1 所示的模拟输入捕获卡扮演了一个重要角色，在图像刷新率和图像质量方面，可能决定 DVR 的性能。捕获卡将具有许多模拟输入，数量范围典型的为 4～16。捕获引擎的速度和效率将决定 A/D 转换功能和数字压缩执行的速率，因此决定了图像录制的速率。

除了模拟输入之外，DVR 将具有一条网络连接（网络接口卡，或 NIC）。通过这条连接，机器可将从 IP 摄像机和/或视频服务器（它们将模拟摄像机信号转换为 TCP/IP 报文）的图像流化处理。网络接口也用于提供从其他 PC（运行浏览器或管理软件）访问 DVR 的远程访问。这样的访问能够提供远程配置或重新配置，浏览在远端站点录制的图像，以及控制 PTZ 摄像机。

用于视频存储的硬盘可能是单个内部驱动器，但是，其录制容量有限，且在灾难性驱动器故障的情况下，不对所有视频信息的丢失提供保护。许多机器提供可拆除的、可替换的磁盘驱动器，且较大型机器一般而言能够支持 RAID 阵列（在本章后面讨论）。

设备上常常会有一个模拟视频输出，其形式经常为复合式的和 S-Video 的。正常情况下，这个输出用来提供给一个监视器设施，但有时用来将视频下载到一台 VCR 或其他外部录制设备。通常情况下，这个输出是由一个内部 MUX 提供的。

图 8-1 所示的光盘刻录机不是一个标准必选件，但将之包括在内表明机器必须提供抽取视频信息的某种形式，用于证据或归档的目的。可编程选项经常用于选择自动化归档日常工作。例如，仅随一个外部定时器输入激活信号，该设备自动地将与激活信号线有关的数据复制到 DVD，数据范围从定时器报警之前的数分钟开始。

归档设备采用的准确形式在不同机器之间是不同的，从使用 MPEG-2 的标准 DVD 刻录机，到某种形式的数据盘刻录机。但是，应该指出，在许多情形中，在没有特殊观看软件的情况下，盘片（包括 DVD 记录）是不能在 PC 中安装的标准设备上回放的。该软件是由制造商提供的，且经常是免费的，但在每个警察局或法庭的场合（需要观看证据材料）未必能立刻得到。

8.3　压缩的效果

如果没有视频压缩，DVR 将是不可行的，因为未压缩的图像文件尺寸是非常巨大的，即使硬盘驱动器具有以太字节（TB）度量的容量也只能提供非常有限的录制时间。视频压缩的原理和效果已在本书第 5 章讨论，但在本章就我们所讨论的 DVR 而言，我们能够充分理解压缩在 CCTV 的实际含义。

一方面，为了从 DVR 中获得最大的录制时间，期望尽可能多地压缩视频信号，但在另一方面，我们知道过度的压缩会导致图像信息中有不可恢复的损失，产生劣质的图像再生效果。理想情况是这样的，我们应用足够等级的压缩来得到好的录制容量，但也能够从机器中提取高分辨率的图像。不幸的是，在多台 DVR 系统上花费有限时，有时很难达到这种状态，特别在具有极大数量摄像机并要求长时间归档周期的系统中尤其如此。

许多年来，在 CCTV DVR 中采用的两种主要压缩方法一直是 MPEG-2 和小波法（现在的 JPEG 2000）。但是，自从实现 MPEG-4 以来，因为它比 MPEG-2 提供了改进的图像质量，所以许多机器都转向采用这种压缩格式。

8.4　录制容量

一般而言，硬盘视频录像机是这样设置的：直到硬盘装满之前，它将继续录制，之后将覆盖最早的录制数据，由此提供连续的录制。当然，当硬盘容量不足以提供要求的归档周期时就会出现问题，因此安装人员必须确保所用设备将胜任这项工作。相比 VCR 安装而言，这对于基于硬盘的录像机来说就更加困难。因为对于 VCR，全部要求就是察看录制时间（即 12h），并确保系统拥有者具有足够的磁带来涵盖归档周期。例如，对于 31 天的归档周期，连续拍摄运行 12h 的 VCR，每台机器需要 62 盘磁带，加上（比如）5% 涵盖用于证据目的的摘录磁带。

在硬盘录像机的情形中，录制时间取决于许多因素。这些因素如图 8-2 所示。首先就是图像录制速率。这等效于 VCR 的连续拍摄周期。在许多 DVR 上，安装人员或用户可设定他们期望录制的每秒图像数量。第二，就是要录制的每幅图像的文件尺寸，它是所用压缩类型和压缩量的乘积。因为在录制之前，图像是数字化的和压缩处理的，实际上每幅图像看来像一个单独文件。压缩量可由安装人员设定，也可能由用户设定。应用的压缩率越高，则文件尺寸将越小，因此录制的时间就越长。但是，增加压缩率将降低图像质量。

决定录制时间的另一个因素是图像刷新速率，这不会与图像录制速率相混淆。录制速率（PPS）是机器每秒录制的图像数量，而图像刷新速率是当观看录

制（数据）时，每台摄像机以此速率刷新图像。

连接到 DVR 的摄像机数量影响最大录制时间：假定图像刷新速率保持不变的话，摄像机数量越多，则总归档周期就越短。最后，录制时间也取决于硬盘的容量。

图像刷新可确定为摄像机数量除以录制速率（以秒表示）。或者为图像刷新时间 = $n \div PPS$，其中，n 是摄像机数量，PPS 是录制速率。

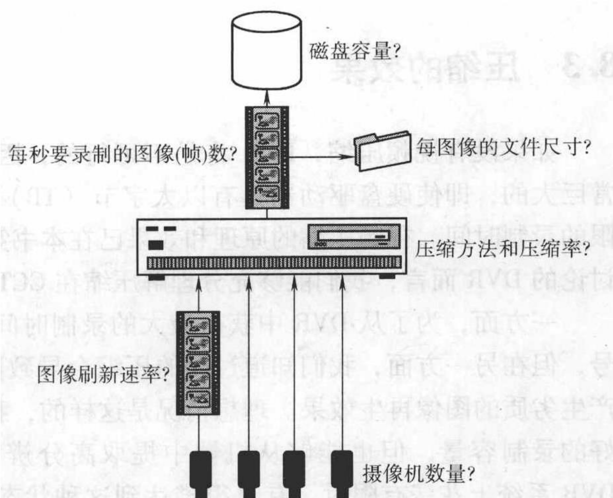


图 8-2 决定 DVR 录制（归档）时间的因素

例如，对于仅有一台摄像机的系统而言，如果录制速率设定为每秒 25 幅图像，那么图像刷新时间将是 $1 \div 25ms = 40ms$。换句话说，摄像机的重放图像每 40ms 进行刷新，它等于 TV 帧速率——实时的每秒 25 幅图像。如果现在连接到录像机的摄像机数是 25 台，且录制速率保持在每秒 25 幅图像，那么图像刷新变为 $25 \div 25 = 1s$。所以现在我们看到当重放录制（数据）时，来自每台摄像机的图像将仅以每秒一帧进行刷新。

记住，PPS 是 DVR 的一项有用功能，可由安装人员或用户设定。对任意 DVR 的设定选择取决于两个因素：连接到录像机的摄像机数量，以及用户要求重放的图像刷新。让我们考虑一个更加极端的范例。一台 DVR 要求录制来自 30 台摄像机的信息。安全风险的本质要求至少每秒两次的图像刷新速率。因此，从表达式“图像刷新 = $n \div PPS$”，得到：

$$n \div \text{图像刷新} = 30 \div 0.5 = 60 \text{ 幅图像每秒}$$

因此，如果 DVR 的 PPS 设定等于 60，那么它将满足针对那个系统的性能要求。但是，这项计算没有将归档周期考虑在内，且如果硬盘容量不足，则 DVR 将很快覆盖视频信息。因此，为了确保 DVR 提供要求的归档时间，安装人员必须计算硬盘容量。实际上，许多 DVR 都包括一项内部计算功能，针对 PPS、图像刷新和压缩设定的任何组合。它将提供归档时间，但为了使用这项功能，首先你将必须已经购买这样的机器！因为了解到这点，许多领先的 DVR 制造商们在他们的网站和/或通过他们的技术支持来提供计算工具。

使用一种普通书写方法，对一个系统要求的磁盘容量可从下式计算得出：

$$\text{磁盘容量} = 86400 \times \text{天数} \times PPS \times \text{文件尺寸}$$

式中，86400 是一天中的秒数；“天数”是归档要求的天数；PPS 是要录制的每

秒图像数；文件尺寸是每个图像文件的尺寸。

注意上面的表达式和下面给出的范例都假定：录像机已经设定录制全帧尺寸。明显地，如果 DVR 已经设定录制一幅降低的帧尺寸，那么对于每幅图像的文件尺寸将有所减少，导致要求的磁盘容量相应减少。

例如：一个 CCTV 系统要求归档时间为 14 天。已经确定 DVR 将以 5PPS 的速率运行，为了得到相当于一台 S-VHS 录像机的图像质量，对于所提到的机器而言，文件尺寸必须是每幅图像为 20KB。因此，DVR 将要求硬盘容量至少为

$$86400 \times 4 \times 5 \times 20000\text{B} = 121\text{GB}$$

这个范例（它是典型的当前数字录制设备）仅说明了要求多大的磁盘空间。但在我们的范例中使用的数字实际上仅与一个较小型的安装有关，原因是其中采用的是低图像录制速率。现在让我们考虑前面讨论的较大型系统。这里使用 30 台摄像机，并要求图像刷新速率为每秒两次，这产生要求的 PPS 为 60。现在让我们假定这个系统的归档周期必须是 31 天。如果录制质量要求类似于 S-VHS 的质量，那么会要求多大的硬盘容量？

$$86400 \times 31 \times 60 \times 20000\ (\text{B}) = 3214\ (\text{GB})$$

如果这个系统要扩展到 60 台摄像机，那么硬盘容量将必须增加到

$$\text{PPS} = n \div \text{图像刷新}$$
$$= 60 \div 0.5 = 120\text{PPS}$$
$$\text{磁盘容量} = 86400 \times 31 \times 120 \times 20000\text{B} = 6.4\text{TB}$$

通过降低每幅图像的文件尺寸，可以减少这个容量；但是，这将导致图像质量的降低。

在 CCTV 录制中从 VHS 到 DVR 快速转换的主要因素之一是可靠、高容量硬盘驱动器的商用化。但是，许多年来这样的高容量硬盘仅能通过采用 SCSI 技术得到，这种技术将许多硬盘驱动器以菊花链方式连接，使它们以这样一种方式作为单个驱动器使用。DVR 制造商们对于使用 SCSI 采用了不同的方法：一些机器安装许多内部 SCSI 驱动器，而其他机器具有外部连接，这使安装人员在必要时能够添加驱动器。采用 SCSI 的问题是，虽然驱动器速度非常快，但是在任何一块硬盘驱动器出现故障的情况下，没有防止数据丢失的保护措施。当一块磁盘驱动器出现故障时，整个阵列中的所有数据都丢失了，这就像单块驱动器的情形一样（除了因为其中存在多块驱动器可能出现故障的情况，磁盘故障的几率增加之外）。

8.5　RAID 磁盘录制

SCSI 的一项替代方法是 RAID（独立磁盘冗余阵列，Redundant Arrays of

Independet Disks——虽然原始的“I”是指“廉价（Inexpensive）”的意思）技术，其中许多硬盘驱动器聚集成一个阵列，且该阵列作为单个驱动器使用。虽然这也许看起来非常像SCSI，但区别在于，采用RAID，就可能构建在出现磁盘故障情况下针对数据丢失的保护措施。

RAID有不同等级，但是，我们以RAID 0为例阐述其原理。RAID 0在如图8-3所示三块磁盘的左手阵列中图解说明。每块磁盘称为列，每个列分成条带。条带宽度指每个条带中的数据量，在图8-3的图解中，是128KB。

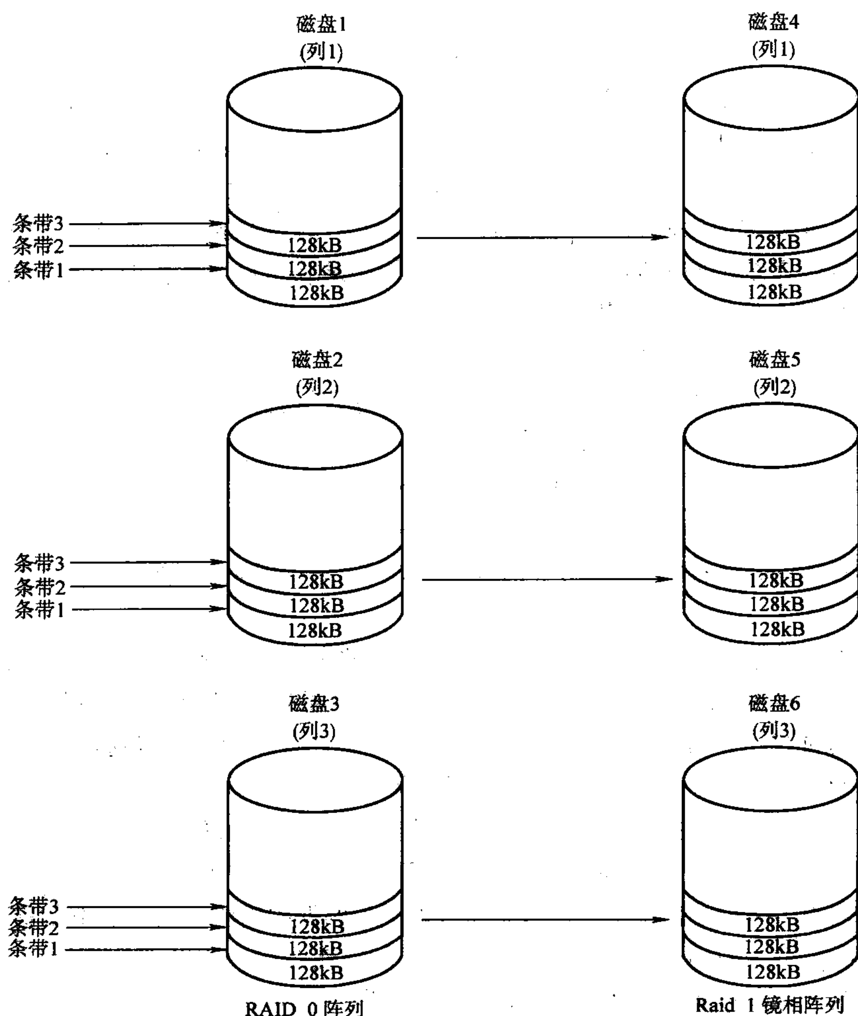


图8-3 RAID 1+0的原理（RAID 0阵列（盘1~3）没有对驱动器故障的保护。当与RAID 1镜像阵列（盘4~6）一起使用时，我们就有RAID 1+0，即，一个条带镜像阵列）

现在，想像一下，我们正在录制一个 1MB 大小的文件，对于一个压缩的 CCTV 图像而言取典型的文件尺寸为 20KB，这就等于大约 50 幅图像。第一个 128KB 将写到列 1、条带 1，下一个 128KB 将写到列 2、条带 1，第三个 128KB 写到列 3、条带 1，第四个写到列 1、条带 2 等等，直到整个文件已经写完（它将在列 2、条带 3 上）才停止。因为磁盘的并行操作，写速度可能远远超过 SCSI 的速度。但是，RAID 0 不提供一个驱动器出现故障情况下，对数据丢失的任何防护能力。因为文件散列在磁盘间，一块磁盘的损失意味着系统将没有办法恢复信息。因此所有数据实际上就丢失了。

就 RAID 1 本身而言，它根本不是一个真正的 RAID 系统。它不过是排列备份磁盘驱动器而镜像主驱动器的一项规范。在 RAID 1 中，当数据写入到每个主驱动器时，它也写到一个独立的镜像（备份）驱动器。在出现一个主驱动器故障的情况下，镜像（驱动器）简单地接管并继续与其他主驱动器一起运行。当替换有缺陷的驱动器时，在镜像上的数据复制到新的驱动器上，新驱动器之后继续在主阵列中工作运行。

RAID 的鲁棒性仅当我们将 RAID 0 和 RAID 1 相结合，构建一个 RAID 1 +0 阵列时，才起作用，如图 8-3 所示。其中当我们将三块磁盘的 RAID 0 阵列与三块镜像驱动器结合使用时就是这种情况。在出现一个驱动器故障时，这种排列操作得非常快速，并提供高的数据可靠性。但是，因为需要镜像驱动器，与 SCSI 比较，其成本和物理尺寸是相当大的。

RAID 1 +0 的一种不太昂贵的替代方法是 RAID 5，如图 8-4 所示。再次举一个 1 MB 文件写入到一系列 128KB 条带的例子。第一个 128KB 块写到列（盘）1 和 2，第二块写到列 2 和 3，第三块写到列 3 和 1，等等。除了每个数据块之外，还记录一个校验值，虽然数据块和相应的校验不记录到相同盘上。

现在，让我们假定盘号 2（列 2）失败了。但是，没有发生真正的数据丢失，因为它已经在另外两个盘中进行了复制。直到装配一块替换驱动器之前，系统将继续记录数据和校验（虽然现在校验将不得不与数据存放在一起）。之后系统将在新驱动器上重建条带。

由于要写入的复制数据量和写入校验信息的需要，所以与 SCSI 相比，RAID 5 的一项劣势是比较慢。但是，它是许多 DVR 制造商们的首选，原因是其速度是足够用于录制 CCTV 图像的，特别当盘驱动器速度在最近些年来逐步增长的情况下。

许多 DVR 在出售时已经“预装 RAID”，这常常意味着它们装配有单块内部硬盘，用于较小型的 CCTV 应用，但具有一系列的 RAID 5 盘盒，安装人员用之可加入两块或更多的驱动器来构建一个阵列（记住，RAID 5 要求最少 3 块驱动器才能工作）。

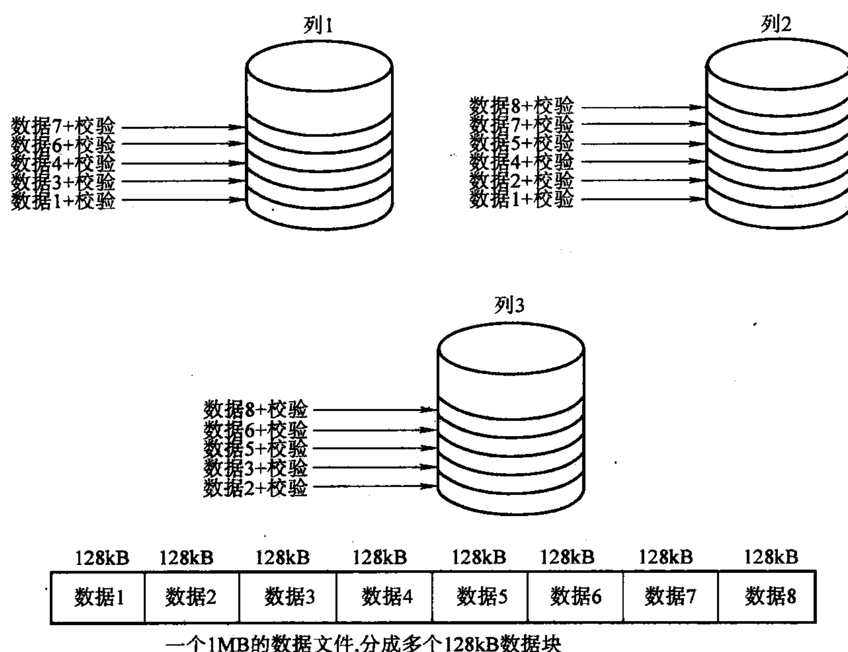


图 8-4　为了正常运行，一个 RAID 5 阵列要求最少 3 块盘驱动器（图解说明当条带宽度设定为 128KB 时，RAID 5 是如何将一个 1 MB 文件分布到三列之间的）

在 RAID 5 驱动器失败的情况下，DVR 将以某种形式发出报警，通知用户出现了问题。它也将告诉工程师哪个驱动器失败了。但是，当工程师替换驱动器要取出正确的驱动器（出故障的驱动器）时，必须非常小心谨慎。记住，系统正在仅使用两个另外的驱动器（假定一个三驱动器阵列）勉强运行且不能构建一个真正的 RAID 5 块 + 校验模式。去除错误的驱动器实际上意味着第二块驱动器已经失效，此时几乎确定的是所有数据将会丢失。工程师的这个动作不太可能让用户喜欢！

8.6　数字视频信息抽取

就图像质量和分辨率（当比较全帧尺寸录制时）而言，DVR 已经发展到即使没有超过 S-VHS，它们也能轻松地达到 S-VHS 的水平。但是，当选择一台 DVR 时要考虑的一个重要功能就是能产生与原始录制信息质量相同的可移除的副本的能力，其格式易于观看，并包含一个安全水印（该水印可用来证明材料没有被篡改）。

采用磁带是简单的，因为原始带可从源机器中取出，必要时可封在一个证据袋中，并能通过一个合适的解复用器容易地在任何其他 S-VHS 机器上重放。复制这个过程的最简单方式是采用具有一个可移除、可替换硬盘的 DVR。但是，关于这点存在许多问题。首先，一块替代硬盘的成本要远大于一盒 S-VHS 磁带的成本。之后，一旦移除，驱动器将仅当连接到一台类似型号 DVR 时才能正常工作。最后，如果原始材料分散在一个 9 驱动器 RAID 5 阵列间时怎么办呢？所有 9 台驱动器将不得不被移除和替换。

事实上，在英国，当 DVR 包含（或甚至怀移包含）与严重的犯罪相关的证据的情况下，警察局可以选择简单地移除整个 DVR，时间可能要达数月。与此相关的问题是，在多数情形中，用户不仅丢失了他们的录制设备，而且还有他们的整个 MUX，这使他们的系统处于无用状态。这种情况，也许是极端但仍然是真实的。在 2005 年 7 月 7 日伦敦恐怖炸弹案后，紧接的一个时期警方采取这样的措施。数千 VHS 磁带从机器中被移除；但是，这些系统很快又启动并运行，因为所要求的只是一盘替换磁带。不幸的是，采用 DVR 的系统证明会有更大的问题，因为许多（必须强调不是所有的）DVR 系统没有一种可接受的归档设施，所以要移除硬盘驱动器（在一些情形中是整个 DVR）。采用多个 DVR（都使用 RAID 磁盘）的较大型系统会遇到另一个问题：虽然归档是可能的，但实现归档要花费数小时，在这个时间过程中机器将持续覆盖最陈旧的文件。这样警方不能接受，因为他们的工作是保障以可能快的速度得到所有证据。所以，同样在一些情形中所有 DVR 不得不立刻关机，并从现场拆除。

上述实例是一种极端情况，原因是我们处理的是非常严重的犯罪，处于比一般 CCTV 用户试图处理的情况（当他们制定他们的 CCTV 系统指标时）等级要远为严重。结果就是，没有必要要求每个 DVR 都具有某种形式的硬盘复制或镜像设施，且许多机器确实提供一种有效的归档工具。安装人员/指标确定人员必须做的就是确保设施将满足系统的期望要求。

DVR 的一种常见归档方法是具有一台内置的 DVD 刻录机。确定是重要的视频信息可复制到一张 DVD 盘（常常以数据形式而不是 MPEG-2 视频格式）并被取走。许多 DVR 具有当发生一个警报活动时，自动地将视频归档到磁盘的能力。对采用这些磁盘的问题是，它们仅能在包括合适的编解码应用软件的 PC 上才能播放，这并不总是简单易行的。为了避免这个问题，使用 DVD 归档的许多机器，利用标准浏览器或媒体播放器应用软件，或在磁盘上配备重放软件。

对于较小型系统，DVD 归档经常是可接受的。但是，对于较大型的录制系统，又有何种选择呢？在要求存储大量数据的情况下（也许是 GB 级的场合），

最明显的选择也许是使用各种数据磁带备份系统。该系统能够在单盘磁带上存储数百 GB 的数据。但是，在存储于那些磁带上的信息可能被法庭作为证据的情况下，这些磁带依据控制室标准必须做日志并存储，这类似于模拟视频磁带。

对于用户而言，大型系统的另一个选项是根本不采用任何录制设备，相反，他们将所有视频从他们的控制室进行数据流化，传输到一个第三方提供商。这个第三方将具有他们自己的安全录制设施，等于数 TB 的容量，且出于安全要求日益重要的考虑，所有视频数据将在两个独立地点分别录制。使用安全密码和专用光纤连接，该用户仍然可访问他们的视频信息，就像这些数据是本地存储的一样。这种系统的优势是，用户不会为维护他们的录制设备并保持其最新而伤脑筋，他们将仍然可访问所有他们的视频内容。且当一定规模的恐怖攻击事件发生时，所有数据被归档就具有充足的时间。原因是主服务器能够防止被覆盖，但仍然可利用它们的富余容量继续录制。

在本书撰写之时，英国许多较大型 CCTV 系统运营商正考虑采用这一方法，且至少一个大型城市中心 CCTV 系统已经以这种方式运行，它使用 BT（英国电信）服务用于信号传输和视频存储。以后会说明折中方案将进展如何。

8.7 VHS 录制

为了在一盘磁带上录制高频图像，要求有非常高的磁带传递速度。在所有模拟视频录像机中，这是通过将磁带绕一个磁头鼓（head drum）以 25r/s 的速率（即，等于一个 TV 帧周期的速率）旋转磁头鼓而得到的。磁头鼓相对于磁带而言是倾斜的，以使录制头沿着磁带上一条对角线路径扫描磁带。两个头芯在鼓上分开呈 180°固定住，使得在任意时间总是至少有一个头与磁带接触。其原理如图 8-5 所示。

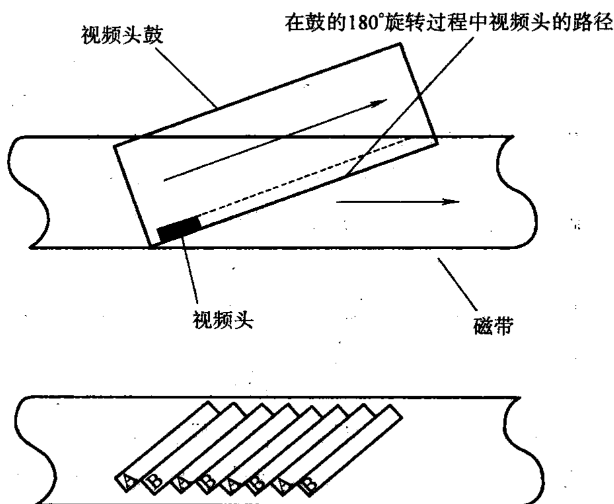


图 8-5 螺旋扫描原理（磁信息以对角线条带形式记录在磁带上，称为螺旋扫描）

从图中可看出：

- 头 A 记录第一个 TV 场；
- 头 B 记录第二个 TV 场；
- 磁头鼓的每单圈 360°记录一个 TV 帧。

在重放过程中，机器要求有一个参考信号来同步鼓旋转与磁带传递。这就是我们称为轨道的含义。这个参考信号由衍生于 50Hz 场同步信号的一个控制（CTL）轨道提供的。在沿磁带的边缘记录之前，这个信号首先分离频率降低到 25Hz（对于 NTSC，60Hz 场同步信号会产生 30Hz CTL 轨道信号）。CTL 轨道信号也用作实时磁带计数的一个参考信号，并标记连续镜头 VCR 中报警输入激活信号的位置，便于协助快速搜索报警事件。

因此，一个视频磁带包含位于其中央的对角线视频信号轨道，以及沿边缘的侧面音频和 CTL 轨道信号。这个轨迹格式如图 8-6 所示。

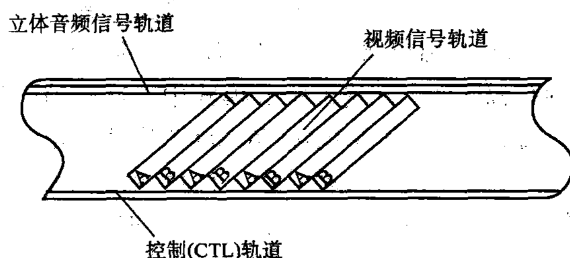


图 8-6　视频磁带轨道格式

重放时，磁带传递和鼓旋转电动机都运行在正确的速度下，当它们相互不同相时，一台 VCR 就发生错误寻轨（mistracking）。在这种情形中，磁头将同时扫描两个轨道，导致来自回放头的输出低信号。

错误寻轨是机器间机械容差小的结果，为了补偿这点，制造商们增加了一个轨道控制电路。当一个磁带被拉伸（stretched）时，也会发生寻轨问题。这改变了视频轨道的角度，使磁头难于跟踪它们。类似地，机器可能遇到机械磨损，这也使寻轨变得困难。在由故障磁带或机器问题造成寻轨错误的情况下，使用寻轨控制方法经常是难于纠正的。

仅有 VHS 能够记录高达 2.8MHz 的亮度信号，这对应于 240 TVL 左右的分辨率。S-VHS 机器能够再生高达 5MHz 的视频信号频率，这相当于 400 量级的 TVL。

在一盘 S-VHS 磁带上可以用标准 VHS 记录，但由于磁带中氧化物的限制，使用标准 VHS 以超级格式（Super format）记录就是不可能的。为了防止这种意外情况的发生，制造商们在机器中装配了一个传感器，它能检测 S-VHS 磁带。如果将一盘标准格式盒式带插入到机器中，那么即使记录选择设置为超级格式，机器也将返回到标准格式记录。工程师们应该告知顾客这一点，指出如果他们使用较廉价的标准盒式带，那么他们就正在损坏（降低）系统的质量。

8.8 连续镜头记录

通过使用静止帧功能，在录制模式中，连续镜头机器可以记录单个场，短时暂停之后记录另一场。在机器处于暂停模式时，磁头鼓继续旋转，但是磁头被断开。注意因为磁带经常停止，当机器运行在连续镜头模式中时，就不可能记录一个音频轨道。

通过运行在连续镜头模式，一盘 3h 的盒式带就能够持续更长时间。当然，磁带仅包含一系列静止图像，但通常这对于 CCTV 目的而言就足够了。如果磁带以比它记录的一种更快的模式回放，就能观看到快速运动电影的形式。在一盘 3h 盒式带上可以存储的静止图像的数量是非常惊人的。在 3h 模式中，一台机器每秒记录 25 幅图像，因此在超过 3h 的情况下，这等于总数为 $25 \times 60 \times 60 \times 3 = 270000$ 幅图像。在连续镜头模式中，这些帧中的每帧都是一幅单独的图像，因此盒式带可被看作像包含 270000 张照片的相册。

每个连续镜头间隔记录一个 TV 帧的方法实际上是非常浪费的。因为当 VCR 重放一个静态帧时，它实际上仅扫描帧的一场，另外一场则被忽略了。这种情况如图 8-7 所示。因此可以确定，如果忽略每帧的第二场，那么为什么还要费事记录它呢？结果就是，连续镜头 VHS 机器实际上仅记录每帧的一个 TV 场，这意味着我们现在能够记录两倍多的图像，即 $2 \times 270000 = 540000$ 幅静态场/图像。

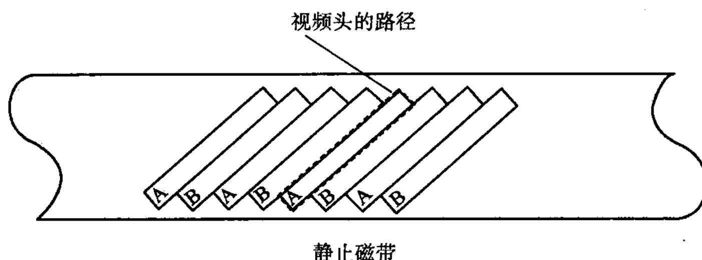


图 8-7 在静态模式中，磁带是静止的，因此两个视频头扫描相同的轨道

连续镜头操作的一项重要考虑是垂直图像分辨率的损失。在本书第 5 章，我们看到一幅 TV 图像包含至多 625 条线减去 40 条垂直回扫线，等于 585 条有效线。但是，当我们考虑这些线包含在两个场内部时，明显的是，当一台 VCR 处于静态模式时，虽然它仍然产生两个 312.5 线的场，但它们实际上是相同的线。换句话说，垂直分辨率降低了 50%。当一幅被记录的图像用作证据时，这项损失是至关重要的。

虽然更精致的型号可提供非常宽的范围，但不是所有的机器都具有相同数量的连续镜头模式。一些典型的模式以及帧和场操作的时延周期见表 8-1。

表 8-1　连续镜头模式

模　式	运行时间/h	时延/s
12h	15	0.10
24h	27	0.18
48h	51	0.34
72h	75	0.50
120h	123	0.82
240h	243	1.62
480h	483	3.22
720h	723	4.82
960h	963	6.42

注：实际的记录时间总是比声称的时间要长 3h，这是由于 VHS 连续录像机必须排列它们的视频轨道方式而产生的。

线性慢速是“连续”镜头方式，其中得到 12h 或 24h 的记录时间，这并不是通过暂停磁带的方式得到的，而是通过以 4 速或 8 速慢于正常的速度连续地运行得到的。这是仅为了支持音频记录而引入的。因为磁带是连续运行的，则可在磁带上面记下一个侧面声音轨道，但由于磁带速度慢，其质量非常差。

当选择报警模式时，机器运行在连续镜头模式。但当机器上的报警输入端子激活时，机器就转到预置周期（常常是数分钟）的 3h 模式，因此确保记录最大量的信息。报警输入可通过一名操作员使用一个简单的按钮来手动触发，或可连接到某种形式的电子报警系统。在较大型的系统中，人们期望机器记录来自许多摄像机的输出信息，则报警激活信号也可连接到复用器或切换器。那么正常记录模式可被中断，以使在报警期间仅有处于激活区域中的摄像机连接到 VCR 的输入。

自动重录对于无人系统是特别有用的一项功能。如其名所指，当磁带到达末端，机器就倒带并重新录制。在这项功能中经常置入选项，为的是防止擦除重要的证据。例如，机器可被设置为当发生报警输入激活状态时，它将不会自动重录制。

8.9　VCR 维护

当被用于 CCTV 业界中时，对 VHS 最大的批评也许是其需要机械维护。这项批评是有道理的，因为 VCR 走带机构中的机械部分随着不断使用而磨损。在

许多 CCTV 工程师的客户们的故事中，客户在 CCTV 设备中已经投资了数千英镑的金钱，在磁带替换上仅花费很少的钱。常见的情况是，客户向安装人员抱怨，在一次事故之后，仅为了产生一次暴风雪故障而将磁带重放。在检查时，经常发现存在问题的磁带是许多年前系统交接过程中提供的磁带！在这样的情况下，不仅磁带接近于无用（氧化物涂层将非常薄，且支撑材料也已经拉伸老化），而且在机器能够重新运转产生任何一幅可接受的图像之前，将特别需要进行一次机械大修。

实际上，连续运行 12 个月的机器将需要进行一次维修。即使图像质量仍然看起来是令人满意的，但这种情形不知道能够持续多长时间。

当进行 VCR 维修时，视频头鼓检查和替换经常被列出作为主要的对象，但在一台机器持续运行一整年（8760h）之后，这通常是惟一不会显示出磨损迹象的部件。例如压带轮（pinch roller）、摩擦转动带（rubber belts）、后张力带（back tension band）（如果使用的话）和磁头清洗滚轴（head cleaning）等部件都将要求检查和/或替换，底部视频鼓（lower video drum）、磁带导引柱以及音频/控制头都应该检查校正。而且，必须清除磁带路径上所有灰尘和磁带氧化物沉积，在替换视频头鼓之后要进行必要的磁带导引校准检查和调整。在一些情形中，制造商们所提供维修用品中，包含在不大于 10000h 周期之后，应该替换的所有机械组件。明显地，这里讨论的维修等级仅能由胜任的 VCR 维修人员执行，且由于这个原因，期望的情况是，机器将从现场拆除并进行翻修（每年）。

8.10 视频头清洗

视频头要清洗的频率可能视情形不同而不同，在实践中取决于许多因素，包括所用磁带的质量，磁带使用的次数，磁带存储的方法和条件，机器是否有一个自动清洗设施，以及一定程度的运气！但在我们考虑视频头清洗的频率和方法之前，重要的是理解什么是“脏磁头”，并识别其录像。

我们所指的“脏”并不是指聚集在监视器屏幕和机壳上的空气灰尘。它是从磁带脱落的磁带氧化物颗粒，并粘附在视频头鼓的侧面或埋入到磁头的尖端部分，如图 8-8 所示。在鼓侧面的氧化物降低了磁带与磁头的接触，这顺次降低记录/重放信号等级。整体效果是不良的寻轨症状。当氧化物埋入到磁头时，图像上的效应就好像一个视频头出现故障一样的情形。

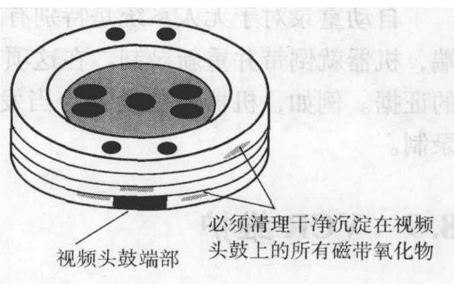


图 8-8 在 VHS 视频头鼓上形成的典型氧化物

磁头清洗是从磁头间隙和磁鼓表面清除氧化物。但是，这并不像开始看起来那么简单，因为视频头尖端部分是极端脆弱的，在垂直方向的最小压力将会使之折断，此时就有必要更换整个磁鼓组件。磁鼓表面上的氧化物可能是牢固粘附的，人们总试图将其刮掉。但是，在磁鼓表面的最小刮痕将会改变其空气动力学特性，如到达磁带偏离磁鼓的程度，在图像上产生永久的一条线。

可以使用磁头清洗带，一些制造商为每台连续镜头机器提供这样的一盘带。在交接过程中，应该告知客户如何使用这些磁带，但应该提出警告，即过度使用可能导致磁头早期磨损，因为这些清洗带可能多少带有研磨功能。作为一条通用规则，如果图像是完全正常的，就不要清洗磁头！

一些机器采用一种自动磁头清洗设施，它通常是应用毡轮（felt wheel）原理基础工作的。在每次磁带装载和卸载时，该轮都压在磁鼓上。在这样的情况下，可指导客户多次装载并卸载磁带，在磁头明显较脏的情况下，要强制实施这个清洗操作。

清洗带和自动系统的问题是，当氧化物埋入到缝隙或牢固地固定到磁鼓上时，没有足够的压力可将之强行去除。在这种情形中，惟一的选择是人工清洗磁鼓，且因为磁鼓的精细特性，这项操作应该仅由那些培训过专项技术的人员来执行。

8.11 磁带管理和保养

虽然这主要是操作员的责任，但在初始系统交接过程中，工程师应该让其客户们知道与磁带相关的隐含内容。

运行于连续镜头模式的一台机器的磁带，比正常速度使用时要经受更大的压力和磨损，这是因为磁带上各部分相对旋转磁头静态接触的时间更多。因此，必要的是，使用将不会拉伸的强支撑材料的磁带，以及良好粘合的氧化物涂层。就这方面而言，不是所有的 VHS 带都具有相同的质量，这就是为什么仅有标记为“专业”质量的磁带应该用于 CCTV 应用的原因。

使用合格磁带的另一个原因是，不是所有氧化物涂层都具有相同磁性质，经济便宜的涂层经常损失较多且信号输出电平较低（更低劣的 S/N）。

磁带应该使用的次数是多少存在争议的一个问题，但业界的经验表明，对于用于 24h 连续镜头模式中的磁带而言，使用 12 遍是最大次数。因此，如果一名客户将在 24h 模式中运行机器，则购买 31 盘磁带将能够使用 12 个月。但是，这样的使用次数不允许当磁带被以后从系统中拆除（因为它们包含证据）时所诱发的任何损失。

1998 年数据保护法案要求所有 CCTV 磁带移动都要有详细的日志，且工程

师应该鼓励客户使用可审计的磁带日志和管理系统。对于较小型的安装而言，这些系统常常可能提供了某种视频带，这些磁带是专为 CCTV 用途制造的。但是，在使用由人管理的控制室的场合中，将要求使用更加复杂的磁带管理系统。这可以通过现货购买，其中包括设计用来辅助磁带旋转的安全保险存储柜以及日志记录的一个完整集合。

就磁带存储而言，建议系统拥有者要水平存放磁带而不是垂直存放，存储环境既不要太热也不要太冷（设计的磁带是存放于“正常”室温中的，就像我们自己一样!），并确保在区域中没有杂散的磁场（这将至少导致一定程度的数据擦除）——视频监视器从所有面都泄漏磁场，所以将磁带保持远离它。

8.12 数字视频磁带

除了模拟视频录像机提供的分辨率低之外，对 CCTV 业界而言另一个严重问题是每次磁带回放或制作一份复制品时，信号质量就降低。为了克服所有这些问题，人们已经开发了许多种数字视频磁带录制格式。虽然数字视频录制还不是无瑕疵的（它遇到数字噪声和压缩损失问题），但它却提供了一种清晰的、符合质量要求的图像，这些图像质量不会随每次回放或由于复制多次而降低。

其中一种格式是由松下公司和三洋公司开发的数字连续镜头 VCR（D-TL）。这种数字录像机采用常规 S-VHS 磁带盒，且在许多方面是作为一台传统模拟机器工作的。但是，其采用数字信号处理意味着水平分辨率可能高达 520 TVL。D-TL将数字视频录制的优势与 S-VHS 磁带的相对低成本相结合。一项劣势也许是录制数据仅能在 D-TL 格式机器上回放。这意味着，当要求数据用作证据时，极可能的情况是必须复制到 S-VHS 或甚至 VHS 上。不仅如此，因为就分辨率而言，原始材料是高质量的，所以这意味着复制品也将是高标准的。

另一种数字视频磁带录制格式，称为“DV”，是由索尼公司开发的。其针对的是工业应用和家庭应用，且其高达 500 TVL 的分辨率使之对于 CCTV 业界很有吸引力。

存在两种版本的 DV 盒：DV 和迷你 DV。两种带盒都使用 6.35mm（1/4″）宽磁带，但迷你 DV 带盒更小，具有相应较短的录制时间。迷你 DV 磁带用于绝大多数的家庭数字摄录一体机中，原因是它可保持机器的尺寸最小。但是，对于 CCTV 应用而言，60min 的录制时间是多少有限的，且许多归档机器采用全尺寸的带盒，这种带盒提供 4.5h 的录制时间。一些机器型号具有采用任意尺寸盒带的装置。

第9章　摄像机切换和复用

在较大型的安装中，给每台摄像机配备一台监视器明显是不现实的，因此必须采用某种形式的图像选择技术。基本上有两种选择：顺序地在摄像机之间切换，或在单台监视器屏幕上显示许多摄像机图像。这两种方法都有它们的优势和缺陷。切换意味着操作员仅能在同一时间内观看单幅图像（虽然后面我们将看到，可使用一台以上的监视器），因此每个区域都有一段时间不被监视。多窗口成像也许去除了盲点，但是，在显示器上存在太多图像的情况下，对于操作员而言，很难对所有这些图像保持注意力，且图像的尺寸降低经常导致分辨率的损失。

当然，这些是非常一般化的情况，为了克服这些劣势，在技术方面的进展已经做了很多工作，经常将这两个概念结合在一起进行。

9.1　顺序切换

视频切换的原理如图9-1所示，其中简单的顺序切换是由电子开关S_1执行的。开关扫描输入的速率称为停留时间（Dwell Time），可由操作员使用一个简单的小键盘输入设定。

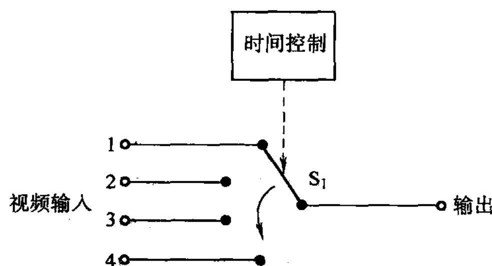


图9-1　顺序模拟切换的原理

更实际的顺序切换器如图9-2所示。这种安排布局为报警输入留出了空间。在正常情况下，S_3是闭合的，时序控制电路以串联方式操作S_1和S_2。因此无论操作员正在观看什么，视频录制设备都在进行录制。接收到一个报警时，例如在输入3上，开关S_3打开，S_2永久地移动到位置3，并激活报警输出。在这种条件下，主监视器继续顺序地显示所有四台摄像机；但是，在记录活动同时，操作员能够在一台热点监视器上探查报警的原因。可由灯光和/或连接到报警输出上的蜂鸣器的报警信号提醒操作员，报警输出也可用来激活一台DVR/VCR上的报警输入（见本书第8章）。

在继续讨论之前，值得提醒我们自己的是，输出终结的重要性，这在本书第7章做了讨论（见图7-20）。任何未用输出端应该使用设备后面的终结开关（如

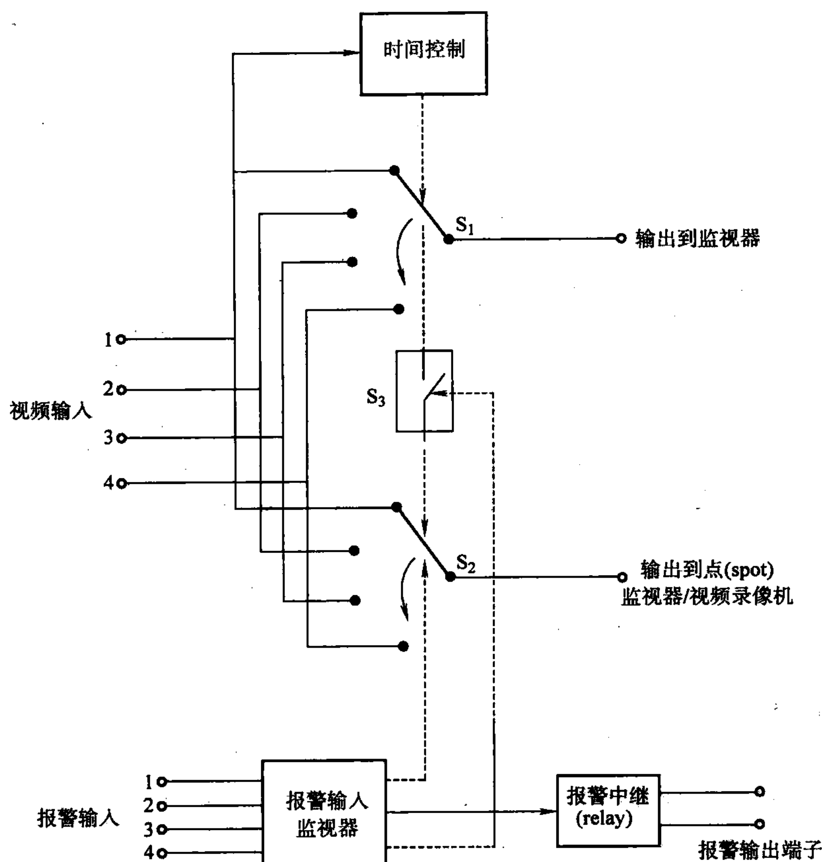


图 9-2 具有报警输入的顺序切换器

果装配了的话）或一个 75Ω 终结器正确终结。在所有现代 CCTV 设备中，开关是自动的，当 BNC 连接器推送到位时，一个输出上的 75Ω 电阻被切换出电路。终结规则适用于所有设备，本章后面的内容将讨论到这点。

各摄像机间的顺序视频切换器不提供维持同步的方法，因此，除非视频信号利用其他方法同步（例如一台 DVR），则因为每台摄像机所处扫描位置的差异，在每次开关切换时，图像就可能出现滚动。图 9-3 所示为两台不同步摄像机的视频信号间的相位关系，在一台双踪示波器上显示时可能呈现的情形。从图中可以看出，摄像机同步是确保每台摄像机能准确地在相同时刻扫描第一 TV 场。当安装的每台摄像机间满足这样的条件时，则切换器在摄像机间切换时，就不会出现图像滚动。原因是监视器将看不到垂直同步脉冲时序中的任何变化。

一种普遍的摄像机同步的方法是使用 50/60Hz 主干线周期作为一个参考信号，线锁定摄像机。为了做到这点，主干线频率的一个采样接入到每台摄像机内部的同步脉冲发生器电路（见图 6-11）。当然，系统中的所有摄像机将要求一个

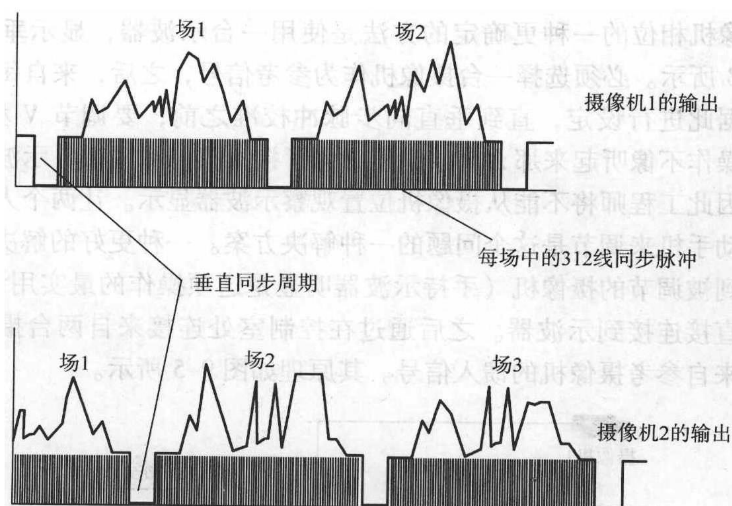


图 9-3　当两台不同步的摄像机调节到场速率时，在一台双踪示波器上呈现的这两台摄像机信号之间的相位关系

主干线频率参考信号，这意味着它们将必须从一个 230/120V 主干线或 24V 交流供电获得馈入。同步发生器设计为在主干线周期通过零点时的两个点之一进行触发。在图 9-4 的例子中给出的是在每个负向转换点进行触发的。如果每台摄像机都在主干线周期的这个相同点触发，那么场同步脉冲将被校准。当摄像机从一个三相主干线供电的不同相获得馈入时，就会发生问题。为了补偿这点，采用线锁定设施的摄像机结合一个垂直相控制，当调节该控制时，就改变同步发生器电路的时序。调节量正常情况下具有至少 120°的范围，这是主干线供电任何两相之间的差值。这个控制可采用试错法设置。但是，在这样设置的情况下，一些摄像机设置在“恰在边缘”就是可能的。当在主干线供电电压发生变化时，在切换过程中，这些摄像机就出现图像滚动的问题。

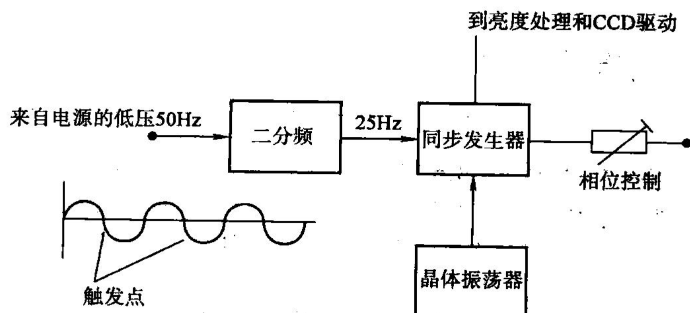


图 9-4　在一台摄像机中的线锁定连线图

调节摄像机相位的一种更确定的方法是使用一台示波器，显示垂直同步相位，如图9-3所示。必须选择一台摄像机作为参考信号，之后，来自每个其他摄像机的输出据此进行设定，直到垂直同步脉冲校准之前，要调节V相位控制。当然，这项操作不像听起来那么简单，因为为了接入摄像机输入，示波器可能位于控制室，因此工程师将不能从摄像机位置观察示波器显示。让两个人配备移动无线电或移动手机来调节是这个问题的一种解决方案。一种更好的解决方案是将示波器带出到被调节的摄像机（手持示波器明显是这项操作的最实用设备）处，并将摄像机直接连接到示波器。之后通过在控制室处连接来自两台摄像机的线缆，可提供来自参考摄像机的馈入信号。其原理如图9-5所示。

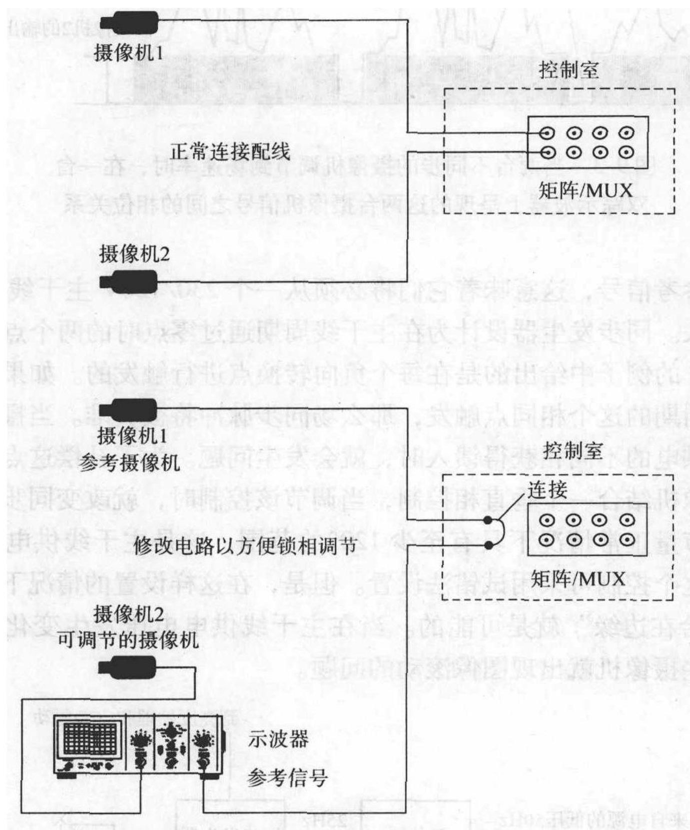


图9-5 执行同步锁相的方法［从机柜（matrix)/MUX处断开两条线缆，并在控制室处连接到一起。因此，摄像机2的线缆就作为来自摄像机1参考信号的一条馈线］

在摄像机间维持同步的另一种方法是使用同步锁相。这是如下情形，一个垂直同步脉冲馈入到每台摄像机标为“genlock”、“ext sync”等（见图6-11）的一

个输入端。不是所有的摄像机都有这项设施，因此重要的是为采用同步锁相的安装工程选择合适的型号。导出一个主同步脉冲有两种方式。一种方式是，从一台摄像机处获取视频输出，并将该信号分配到系统中的所有其他摄像机。在这种情形中，第一台摄像机的同步选择器开关将设置到“内部”位置，所有后续摄像机上的开关设定到“ext sync”位置。这种方法如图 9-6 所示。同步脉冲的第二种来源是使用位于主控制室的一台主同步发生器，同步信号分配到系统各处。

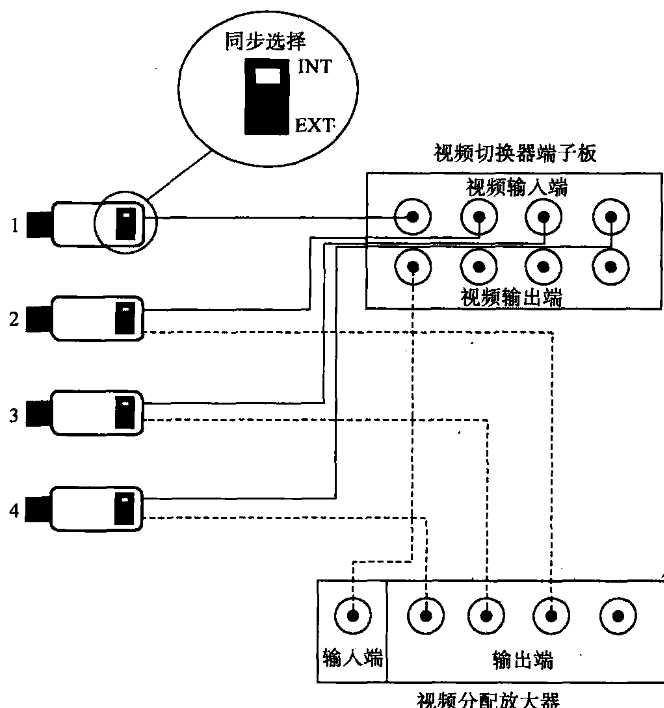


图 9-6　同步锁像摄像机的一种方法（在这种情形中，所有摄像机都锁定到摄像机 1）

同步锁相是同步的一种非常鲁棒的方法，但它要求在每个摄像机位置安装两条同轴线缆，这就增加了成本。可避免这种成本的惟一方法是利用摄像机/切换器组合法，通过视频信号线缆发送一个同步信号，并进入到摄像机上的视频输出插座。这样的系统倾向于是自包含的，其中你仅能使用经特定设计可一起运行的摄像机和设备。这样的系统不会有问题，只要你并不想扩展一个现有常规系统，或在未来要求扩展超出其能力的系统。

同步锁相在电视工作室中是运行良好的，其中所有摄像机都使用定制的多芯线缆连接起来。但是，因为要求安装所有额外线缆，对于 CCTV 而言这种做法从

来就不是真正可行的，且多数情况下是过时的做法。类似地，现在很少要求使用线锁定摄像机，因为绝大多数 DVR 都能够执行摄像机同步。

9.2 矩阵切换

一般而言，小规模的切换是在 DVR/NVR 中执行的。但是，对于大型 CCTV 安装，仍然需要矩阵切换。如矩阵这个术语所隐含的，这个设备能够选择许多输入端中的任何一个输入端，并将之连接到一个或多个输出端。原理如图 9-7 所示，其中显示出一个 8 输入 2 输出矩阵。

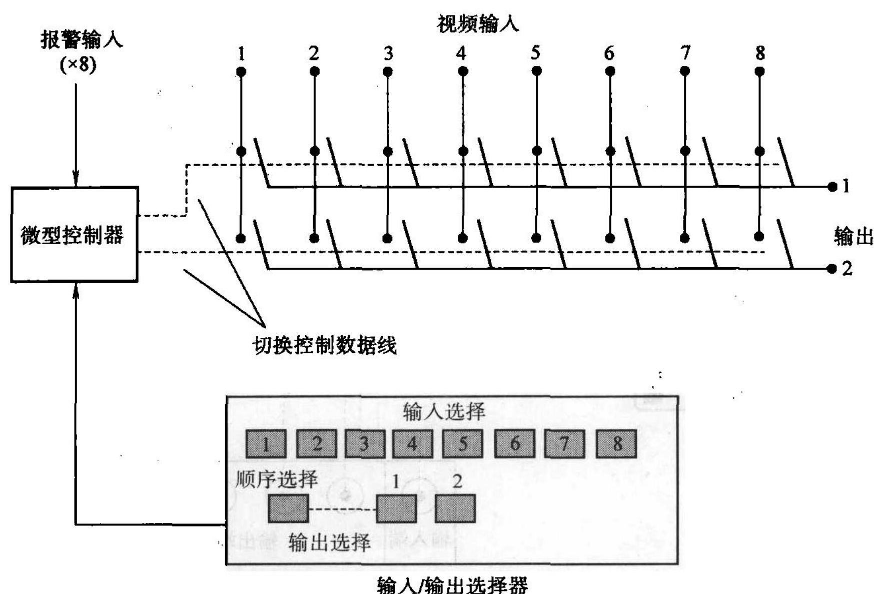


图 9-7 矩阵切换的原理（在一个实际的现代切换器中，用户界面常常是一个 PC 软件应用）

电子切换器是由微控制器芯片控制的。当操作员选择 2 号输出端、4 号输入端时，对应于这些坐标的开关就闭合，来自 4 号输入端的信号将出现在 2 号输出端上。在这个范例中，控制台是简单的，只提供了一项报警装置以及在 1 号输出口有一个顺序切换选择器，报警装置类似于如图 9-2 所示的装置（对应于激活输入的摄像机输入出现在 2 号输出端上）。

矩阵切换器的一项核心功能是：就其输入和输出而言，可设计为是可扩展的。图 9-7 所示的范例，如果制造商采用一种模块化设计，那么通过增加等同于第一块输入卡的一块 8 通道输入卡，输入端的数量可增加到 16。进一步地增加

卡可给出 24、32、40、48 等数量的输入端。一些更大型设备单元可扩展到高达数百个输入端。类似地，输出扩展卡支持可用输出端数量的增加。图 9-7 所示设备单元的一个扩展型号如图 9-8 所示。

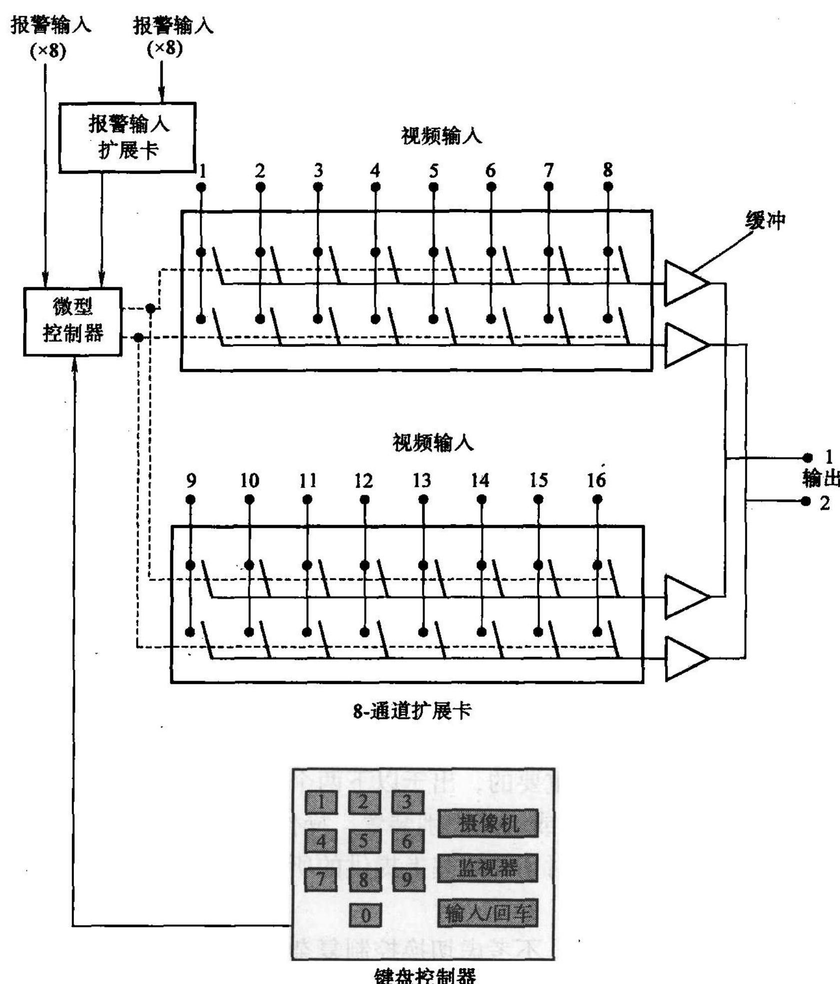


图 9-8 安装一块 8 通道扩展卡的 8 通道矩阵

在这种连线中，扩展卡仿照的是第一块输入卡（在这个范例中，还没有安装一块输出扩展卡）。报警输入设施不是在所有系统中都是需要的，因此，报警扩展卡可独立于视频卡，使之可作为一个选件包括在内。因为所要求的按钮数量，如图 9-7 所示的开关选择器类型，如超过 16 个输入端就不太实际了，且许多年来，10 个数字的小键盘证明是更加实际可行的，虽然现代切换器通常采用一种基于 PC 的软件用户界面。

图9-8所示的设备类型是对顺序切换器的极大改进，但是，随着输入数量的增加，某些限制就会变得明显。最显著的是，对于单个操作人员而言在16台摄像机间切换就变得足够困难，更何况处理更多的摄像机变成不可能的任务。这个问题可通过使系统配备一个以上的控制键盘而加以克服，因此需要一名以上的操作员。但是，这就形成另一个问题：如何防止多名操作员同时试图接入相同的输入。这可在系统编程中进行处理，其中每个键盘仅给予某些摄像机（输入）的接入权限，即每名操作员“巡逻”CCTV系统内部的一个给定区域。而且，这些输入将仅连接到与那名操作员关联的监视器（输出）上，因此能防止一名操作员将图像显示在另一名操作员的屏幕上。软件程序的功能可进一步增强，允许两名操作员接入到相同输入。但是，其中之一将总是具有优先权，从而使两名操作员都试图接入到相同输入的情况下，具有优先权的操作员总是获得接入。

比较简单的矩阵系统的另一项限制是不能控制摄像机。人们期望的情况是，具有数十台摄像机的一个CCTV系统必然要求其中一些摄像机具有能够摆动、倾斜和缩放（PTZ，Pan/Tilt/Zoom）装置。这就是为什么较大型矩阵设备单元能够提供遥测控制的原因。因为要求的PTZ输出数量是随系统而变化的，所以遥测容量常常是以类似于报警输入能力的方式来扩展的。遥测控制将在本书第10章详细讨论。

我们刚刚讨论的具有许多特征的一个大型矩阵系统如图9-9所示，这些特征如多操作员、操作员接入等级以及遥测控制。注意，在每名操作员位置包括一台DVR，将支持录制偶发事件，同时仍然能够继续监视。同时要注意到包括了一台屏幕文本生成器。这是至关重要的，出于以下两个原因：在一个大型系统中，如果没有某种形式的摄像机和/或区域识别装置，操作员就不可能知道他/她正在观察的是什么；而且在英国，对于在法庭上提供的所有视频证据，要求在屏幕上都要显示时间和日期。

这样一个系统的问题是，不考虑切换控制复杂性的情况下，每名操作员仍然仅能够在某个时间观察一个场景。当在大量摄像机的情况下，对于一个人在任意长度的时间观察大量变化的图像，是不可能的。这个问题能够一定程度地得以缓解，方法是以如下方式使用报警输入：每名操作员仅滚动观察少量区域，仅当接收到一个报警信号时才选择其他区域。但是，对于一些场景，依赖于一个报警监测器是不会令人满意的。且如这样的系统是在一个城镇中心，就不可能运转正常，因为其中所有的报警在几乎所有时间都可能被触发。明显的是，存在这样的情况，即操作员需要同时观看许多图像，对于这个需求，我们就需要某种形式的屏幕分割设备。

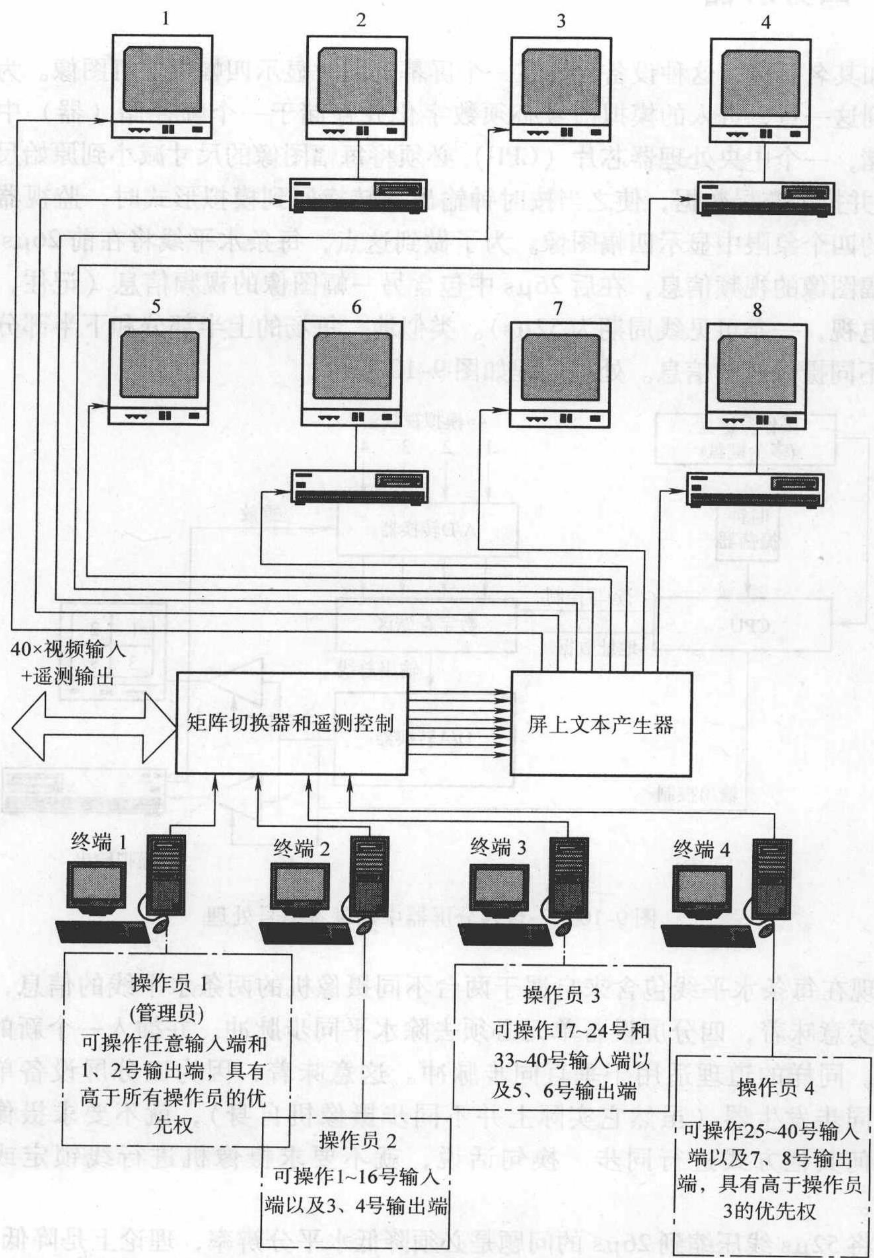


图 9-9　具有多操作员装置的大型矩阵控制器

9.3 四分屏器

如其名所指，这种设备允许在一个屏幕上同时显示四幅摄像机图像。为了能够做到这一点，进入的模拟信号必须数字化并存储于一个帧存储（器）中。一旦存储，一个中央处理器芯片（CPU）必须将每幅图像的尺寸减小到原始尺寸的1/4，并排列布局数据，使之当按时钟输出并转换回到模拟形式时，监视器将在屏幕的四个象限中显示四幅图像。为了做到这点，每条水平线将在前26μs中包含一幅图像的视频信息，在后26μs中包含另一幅图像的视频信息（记住，对于英国电视，一条可见线周期为52μs）。类似地，每场的上半部分和下半部分包含来自不同摄像机的信息。处理过程如图9-10所示。

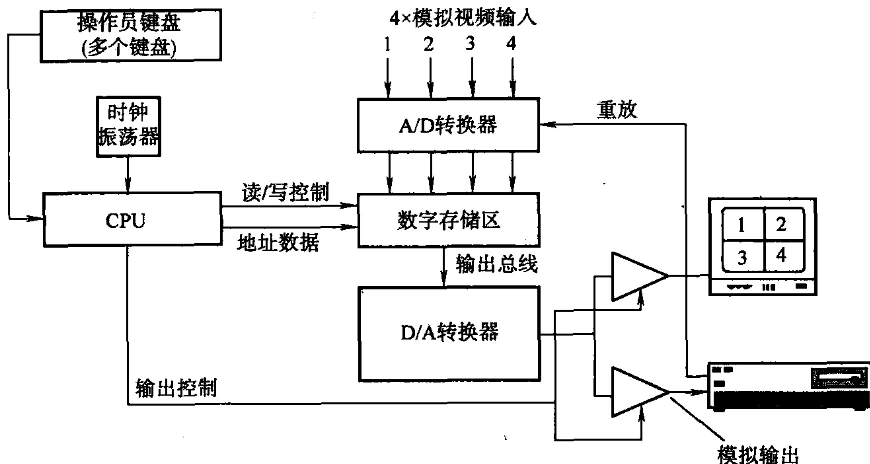


图9-10 一台四分屏器中的基本信号处理

现在每条水平线包含来自属于两台不同摄像机的两条水平线的信息，这样的事实意味着，四分屏设备单元必须去除水平同步脉冲，并插入一个新的同步脉冲。同样的道理适用于垂直同步脉冲。这意味着，因为四分屏设备单元作为主同步发生器（虽然它实际上并不同步摄像机自身），就不要求摄像机采用任何其他方式进行同步。换句话说，就不要求摄像机进行线锁定或同步锁相。

将52μs线压缩到26μs的问题是必须降低水平分辨率，理论上是降低50%。在基本四分屏器中，这就是精确发生的情形。所以虽然操作员能够同时观看四台摄像机，但代价是图像质量（的损失）。同样，因为需要时间处理信息，则显示四幅实况活动图像就是不可能的。实际情况是，图像以连续跳帧的方式移动。为

了使操作员能够观看高分辨率实况图像，正常情况下，四分屏器具有以正常全尺寸方式显示任何选中输入的能力，且包括报警输入来提示一名操作员选择这种模式。

在基本四分屏器中，当信号记录到视频磁带上时，分辨率损失的问题就变得更加突出，因为没有办法解压缩被压缩掉的信息。其隐含意义是，当重放磁带时，四幅图像就永久地被压缩掉了，即使四分屏器设备单元具有 VCR 输入设施，它支持以重放四分格式的任何一幅图像被分割并显示为全屏尺寸，分辨率仍然是原始分辨率的 50%，垂直方向和水平方向都是如此。在 DVR 中，这一般不会是一个问题，因为每幅图像将仍以全分辨率被录制。

较早期的四分屏器设备单元受限于 CPU 能够管理处理数据的速度。如果我们就如图 9-10 所示的系统来研究这个处理过程，我们看到，当设备单元工作在四分屏器模式时，CPU 必须将 4 幅不同步的 TV 帧按时钟输入到数据存储区，去除原线同步和场同步脉冲，压缩数据为 26μs 水平线周期，添加新的线同步和场同步脉冲，并将数据按时钟输出帧存储，按序进入到 D/A 转换器，使之呈现在屏幕上。为使这个处理以实时方式完成，需要使用很高的处理速度和能力，早期微型芯片相对低的时钟速度意味着它们实际上不能胜任这项工作。

微型芯片技术中的研发已经在处理器时钟速率方面取得巨大飞跃，且这使以实时方式运行的四分屏器得以开发成功。一些四分屏器能够具备 8 个输入端。在正常四分屏模式中，图像是分成两组的，每组 4 个输入，每组显示以可变停留时间在屏幕上交替出现。

通过增加数字存储区的容量和 CPU 的时钟速度，就增加了图像被处理的速率，这就支持更快的刷新速率。但也许最有意义的改进是如下事实，即虽然当图像转换为四分屏模式时，最初分辨率丢失了，但因为使用现代压缩技术（即 MPEG 或小波），当图像恢复到全屏幕尺寸时，常常分辨率能够恢复。

9.4 视频复用器

可以说，复用器（MUX）是从四分屏器停止使用的场合阶段发展而来的。通过利用高速 CPU 和数字压缩技术所得到的更快速图像处理优势，复用器提供一系列的配置，极大地增强了 CCTV 系统的有效性。典型的复用器将提供各种屏幕显示，一些典型的范例如图 9-11 所示。但是，如我们在本章后面将看到的，复用器不仅能够生成一些比较巧妙的显示，而且复杂的型号能够传递两个完全不同的图像序列或结构到监视器和 DVR（当与报警输入一起使用时，该项设施会得到进一步增强）。

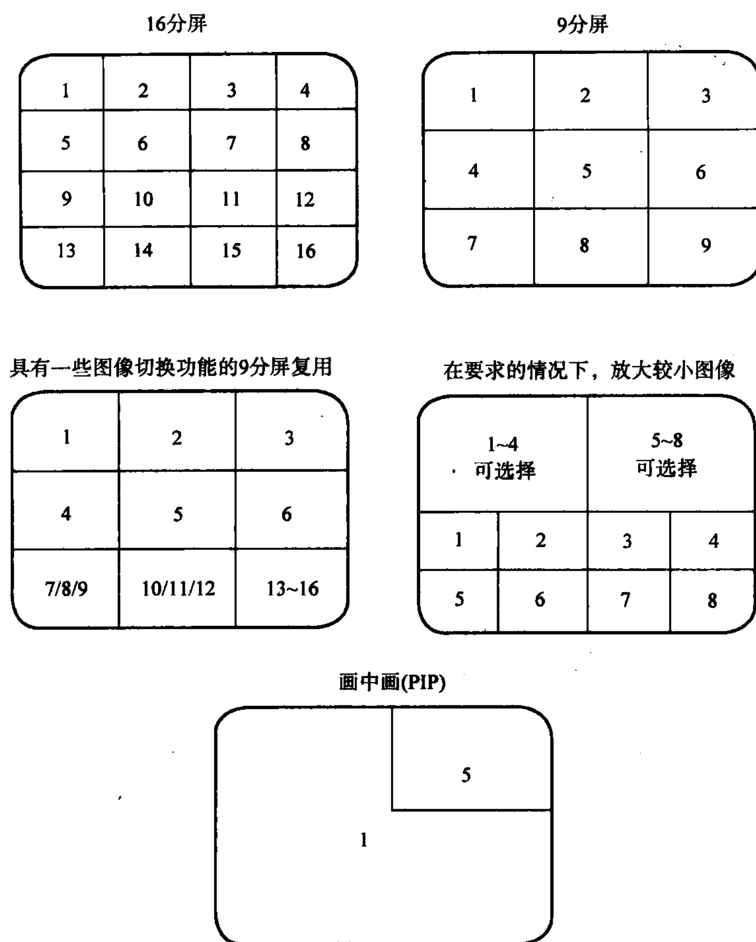


图9-11 可用于复用器的屏幕布局典型范例

复用器的工作原理如图9-12所示。整个处理过程之后，来自摄像机的模拟复合视频信号立刻转换为数字信号并存储在一个临时帧存储区。视频压缩编码器以非常高的速度运行，它在将这个数据放置到另一个存储区之前会降低每个TV帧的数据量。视频压缩和扩展（解压缩）处理是要求很高处理器能力的一个复杂操作。为了防止系统速度降低（变慢），或甚至容易出现死锁（崩溃），常见情况是压缩电路具有它们自己的控制CPU，这将主CPU解放出来，便于主CPU处理复用和其他杂务操作。为了避免在帧存储区内部出现崩溃，压缩电路也具有它们自己的动态RAM（DRAM）。

当图像从数字存储区1由主CPU移出时，就发生复用，主CPU将数据按时钟以在监视器屏幕上生成期望图像布局的顺序输出到D/A转换器。当操作员通过键盘改变布局时，CPU简单地改变数据按时钟输出的顺序。为了保持这样复

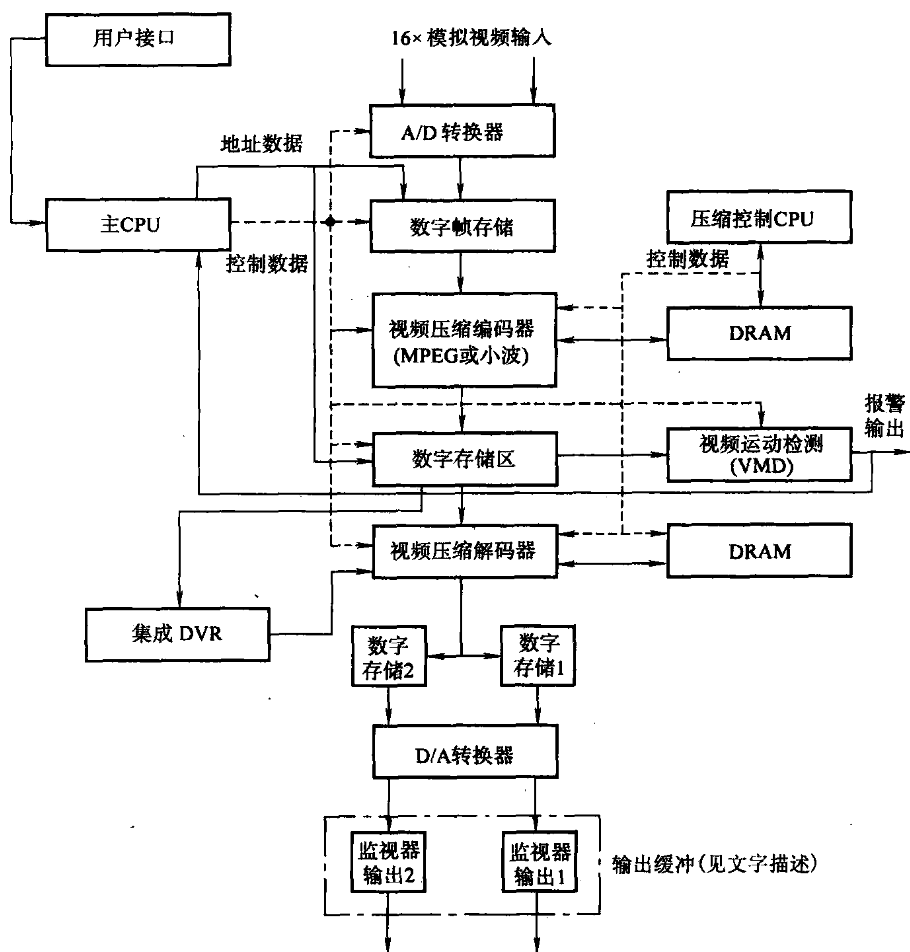


图9-12 在一台复用器中的信号处理（简化的）

杂的数据控制，在CPU和内存芯片之间要求快速的地址和控制总线。

在摄像机输入信号丢失的情况下，MUX会常常检测到同步脉冲丢失，并在屏幕上显示一条警告信息。当选择顺序切换模式时，MUX略过任何丢失或未用信道——这是在许多顺序切换器中都能找到的功能。

在为不同监视器输出提供信号的设备单元中，要求第二个存储区（见图9-12中的数字存储2），可以使数据能够为每个输出以不同顺序输出到D/A转换器。

VCR录制的主要含义是，它与四分屏器不同，该机器能够录制完全的TV场。如果直接在监视器上重放以这种录制模式录制的磁带，将产生不可辨识的图像。但是，当录制数据通过复用器回放时，图像就能够变换到操作员期望的任何

格式，即全屏、四分屏、九分屏（9way）等。注意在全屏模式中，可能看起来运动图像有点停顿，原因是VCR没有录制所有的场，因此实际上复用器在显示一系列的静态帧。

复用器可分类为单复用器、双复用器或三复用（Triplex）器。单复用器仅具有一个复用器（见图9-13），因此其能力受限于录制全屏幕图像，同时在多屏幕布局中观看实况图像。当操作员期望通过单复用单元重放录制数据时，就会丢失实况监视和录制图像，原因是这时要求使用MUX解复用被重放的图像。注意，单元仍然能够为重放视频提供与实况输入所提供相同的屏幕布局选项。

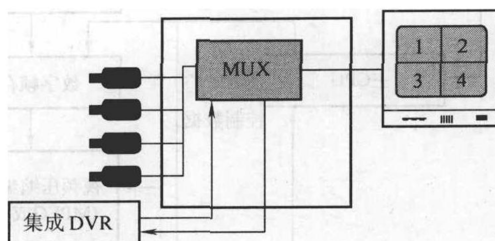


图9-13 单复用器的原理

双复用器包括两个复用器（见图9-14），一台处理实况信息，同时另一台处理录制要求。因此，在录制全屏幕图像时，一台双复用器能够以各种屏幕布局显示实况图像。它也能够在不中断实况观看或录制的情况下，重放图像。

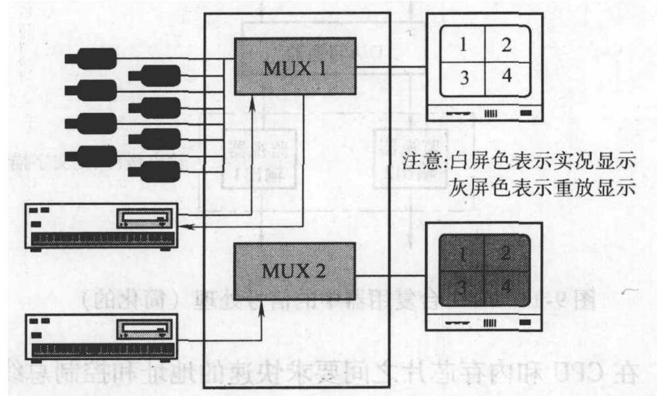


图9-14 当采用两台监视器时，在观看录制数据的同时，一台双复用器能够继续正常操作（注意DVR可能是MUX外部设备，或是一台单个内部设备）

三复用器原理如图9-15所示。该设备单元完成双复用器能做的所有事情；但是，也能够在相同监视器屏幕上同时观看实况和录制的图像，而不中断正常录制。操作员仍然具有所有图像增强或画中画（PIP）的常规选项。另外地，可使用两台监视器在不同屏幕布局中显示实况和录制的图像。

常见的情况是，一台复用器设备单元包括遥测控制器；这个专题将在本书第

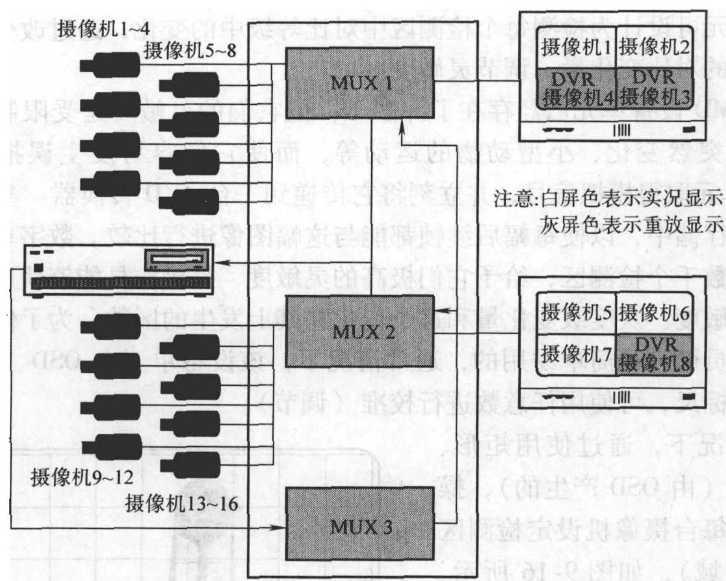


图 9-15　一台三复用器能够在一个屏幕上显示实况和录制的图像

10 章讨论。

屏幕上的信息对于识别视频证据的日期、时间和位置，以及在帮助操作员快速识别一个区域是至关重要的。通常情况下，MUX 具有一种屏幕上显示（OSD）设施能力，这是在安装过程中设置的。

9.5　视频运动检测

许多 CCTV 安装依赖入侵警报技术监测器（例如被动红外光、红外光束和微波）来激活报警输入。但是，一种替代法是使用来自视频摄像机的图像作为入侵者检测的方法。

视频运动检测（VMD）的原理是：存储来自摄像机输入的一幅样本帧，之后将后续帧与样本帧比较，查找图像细节中的变化。在触发一个警报之前，它不能在所有图像信息中找到一个变化，否则入侵者将必须充满屏幕的每个角落。相反，VMD 将屏幕区域分成检测区，在一个或多个这些检测区中的变化就会触发一个报警。通过使用区（的概念），可给予 VMD 一定程度的智能。例如，如果在一个室外地点使用，由一片云遮住太阳导致整个场景的突然变暗，将会被 VMD 忽略。类似地，在一个区仅相当于视域中一个非常小区域中的变化，可将设备单元编程为如下方式，即仅一个区中的激活也会被忽略，因为在所有概率中，可能的入侵者将更可能是一只鸟或其他小型动物。

设备单元可设计为检测每个检测区中对比等级中的变化，通过改变启动一个报警所要求的对比变化量，调节灵敏度。

模拟 VMD 设备单元已经存在了许多年，但它们的灵敏度是受限制的，由于照明等级的突然变化、小型动物的运动等，而使它们容易发生误报警。数字 VMD 设备单元取得模拟信号，并立刻将它传递到一台 A/D 转换器。参考图像放置在一个帧存储中，以使每幅后续帧都能与这幅图像进行比较。数字单元能够将屏幕分割成数千个检测区，给予它们极高的灵敏度，且操作员能够使用两个参数控制这个灵敏度：灰度级变化量和这个变化在其上发生的区数。为了使灵敏度调节对于操作员而言是简单易用的，通常情况下，该设备单元在 OSD 上具有某种形式的滑动标尺，可使用任意数进行校准（调节）。

正常情况下，通过使用矩形、圆形等阵列（由 OSD 产生的），操作员能够为每台摄像机设定检测区域（多个区域），如图 9-16 所示。注意这些检测区域不要与 VMD 用来进行图像分析的更小检测区相混淆。同样要注意的是，在图解中的字母和数字仅用于参考目的，不会出现在一个实际屏幕上。

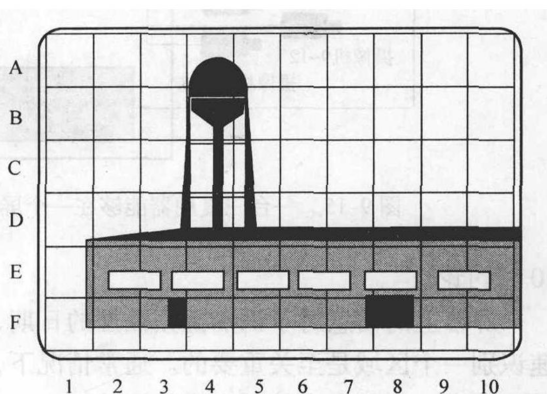


图 9-16 视频运动检测器将图像分成一系列区（操作员（或工程师）确定哪个区是活跃的）

图 9-16 所示，让我们假定在建筑物前面存在合法活动，但操作员仅关心沿平面屋顶区域移动的入侵者。在点 D2 到 D10（可能是 C2 到 C10）之间的矩形可确定为活跃区，因此当在这个区域存在任何运动时，就导致产生一次报警。

绝大多数 MUX 单元都包括 VMD 作为标准功能，这使它们在小型到中型规模的系统中成为 CCTV 控制设备的一项有吸引力的选择，特别当遥测功能也包括在内时尤其如此。

在具备数字处理的一些摄像机中也可发现 VMD，报警条件可存在于一对开关触点上，该开关触点可连接到 MUX 或其他报警输入。

VMD 的一个重要关注点是摄像机必须是相当稳定的。如果在强风等条件中容易发生移动，则图像的移动可能导致误报警。一些 VMD 处理器具有对这个效应的内置补偿，但尽管如此，每个系统都有其限制，所以建议采取稳定安全的安装。

第10章 遥测控制

如果没有某种形式的遥控，较大型CCTV安装系统的用途会非常有限。操作员不仅需要调节摄像机的角度、缩放和焦点，而且需要执行其他“内勤”任务，例如外壳前面玻璃的清洗和擦拭以及光的控制。这样一些命令是非常简单的。举个例子来说，如擦洗命令，它只是一个开/关状态。但是，其他控制命令是比较难于发送的。简单地“告诉”摆动电动机“摆动”，是得不到什么结果的。也许如果电动机可做出回答，即它也许询问“哪个方向？多长时间？多快速度?”。

全功能摄像机的操作员会期望系统中有许多功能，可达到这样的程度，即试图模拟一名广播摄像机操作员的动作，但是要从远距离上做到这点。提供这种复杂控制需要的命令数量很大，并要求复杂的遥测来支持充分的通信。主要命令的一个列表见表10-1。命令中包括速度方面内容，是指控制器具有一个动态的（或发射的）控制杆，控制杆被推进越多，则电动机就运动得越快。因此，例如一条指令可能不仅仅是“向左摆动”，而是“向左以此速度摆动”。

表10-1 主要遥测控制命令

命　令	指　令　数
摄像机地址（机号）	1
向左摆动+速度	2
向右摆动+速度	2
向上倾斜+速度	2
向下倾斜+速度	2
放大	1
缩小	1
远焦	1
近焦	1
虹膜打开	1
虹膜关闭	1
清洗开/关	2
擦拭开/关	2
光开/关	2
运动到预设位置 n	取决于预设的数量

从表中我们可看到，对于一台全功能摄像机，有不少于21条命令，还要加上额外数量的预设位置。在本章，我们将介绍这个信息与系统中多台摄像机通信的方式。

10.1 控制数据传输

一些早期的遥控CCTV系统依赖于控制台和PTZ头之间的硬导线连接。但是，这些系统要求控制室与每个个体摄像机站点间通过许多条多芯线缆连接，且在一些情形中，容易受到沿线缆的电压降效应的影响。

这种控制方法的一种更有效的替代法是沿双绞线以RS 422或RS 485的形式发送数字编码的PTZ命令（参见本章后面）。其原理如图10-1所示。每条命令加密为一种数据格式，并沿一条两导线链路发送到一个接收器。接收器（站点驱动）包含一个解码芯片，该芯片解释命令，并通过继电器驱动芯片操作合适的继电器（多个继电器）。

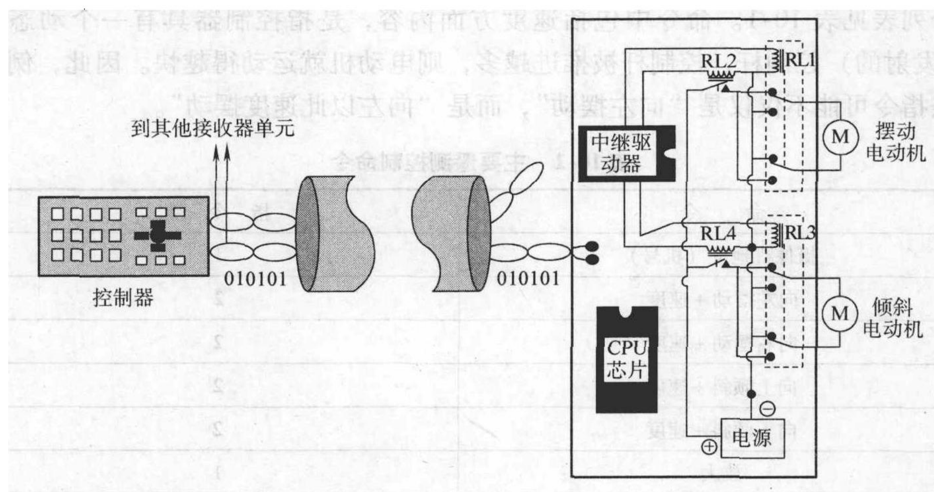


图10-1 使用一条独立的数据链路（例如双绞线对上的RS 485），控制电动机（的运动）

数据链路连接到接收器单元有两种方式：第一种方式如图10-1所示，其中控制器到每个接收器使用独立的输出；另一种方式是将控制数据同时放到所有的线上，使接收器独立地连接到控制器和/或以菊花链方式串接，如图10-2所示。

在使用菊花链方式时，编码器命令中包括一个地址。例如，如果操作员选择5号摄像机向左摆动，那么加密的数据实际上在说“5号摄像机，向左摆动”。

注意命令的第一部分包含一个地址——“5 号摄像机”。因此，虽然信号被所有接收器接收到，但仅有指定的 5 号摄像机才做出反应。在授权执行命令的过程中，都指定了接收器的地址。注意为单独传输设计的控制器不能以菊花链方式连接，因为它不能发送任何地址数据。

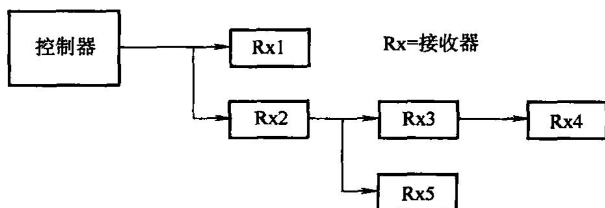


图 10-2　同时的数据传输

双绞线对遥测传输是非常有效的，并被许多领先的 CCTV 设备制造商采用了许多年。但是，从安装角度来看，要求将同轴线缆和双绞线缆布设到每台摄像机并不是理想情况。由于这个原因，制造商们寻找方法，其中要求视频和遥测信号能够沿同一根同轴线缆发送。方法是将视频和数据信号分开，否则整个系统将崩溃，因为数据将作为噪声显示在监视器上，且遥测接收器试图解码一个视频信号时将变得不知所措。复用数据和视频的两种常见方法是频分复用（FDM，Frequency Division Multiplexing）和时分复用（TDM，Time Division Multiplexing）。

频分复用如图 10-3 所示。数据被调制到一个 8 ~ 12MHz 量级频率的载波信号上，该信号远在视频信号的上限之上。对于 PAL，视频信号频率典型为 5.5MHz (4.2MHz NTSC)。每台遥测接收器具有一个解调器电路，该电路将数据从载波中去除。之后，解码器可处理得到遥测命令。

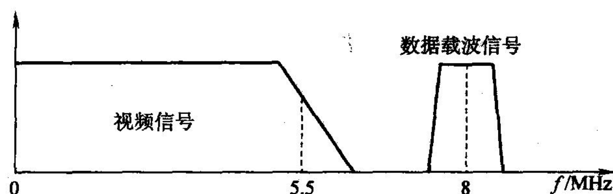


图 10-3　频分复用的信号频谱

虽然流行了许多年，但绝大多数 CCTV 遥测设备如今仍然使用时分复用进行操作。时分复用是用于英国广播电视服务的图文系统的基础。这里数据是在场回扫消隐期间传输的。在这个时间中，切断 CRT 中的电子束，同时扫描电路进行自我调整，为的是从屏幕顶部开始扫描下一场。当在示波器上观察时，信号呈现类似如图 10-4 所示的情形。当采用 FDM 时，每个遥测接收器都有一个解码电路，该电路取出数据传输，并解密命令。

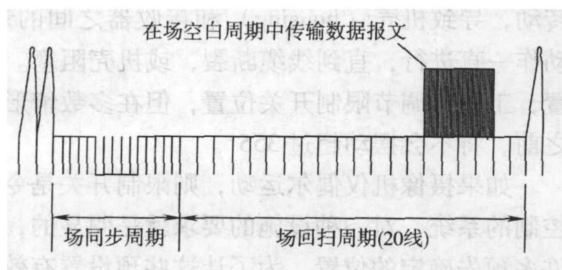


图 10-4　时分复用（数据是以与视频不同的时间发送的）

TDM 信号是在 4.5MHz 区域某处的一个频率，因此我们可看到在 TDM 和 FDM 的情形中，重要的是系统带宽要遵循规范。在线缆布线或终结中的任何错误（可能引入一个高频滤波效应）将不仅去除图像的高分辨率成分，而且也会滤掉遥测数据。这样的错误可能是间歇性的，或可能仅影响某些摄像机位置。

10.2 摆动/倾斜控制

摆动/倾斜（P/T）单元由两个电动机和许多齿轮组成，齿轮将电动机速度转换为力矩。电动机可能是 24V 直流、24V 交流或 230V 交流的。一般而言，相比于相当尺寸的直流电动机，虽然交流电动机是比较有效率的且经常产生较大的力矩，但交流电动机的速度控制多少比直流电动机要复杂。因此，在估计强风可能对摄像机组件施加重负载，且为了克服这点而要求高力矩驱动机械的场合中，单速度 230V 交流电动机是理想的选择。但是，在系统中包括动态遥控杆控制的情况下，直流 P/T 单元将允许多速度（其中速度是以递增步数改变的）或可变速度操作。通常情况下，通过离合器组件，电动机与齿轮耦合，在发生机械阻塞的情形中，离合器组件将打滑，因此保护电动机不会停转和烧毁。

出于简单性考虑，图 10-1 所示的电路给出了直流电动机。在交流电动机连接到驱动电路的情况下，电路连接是类似的。但是，简单地将到电动机的交流供电极性翻转，将不会导致它逆向转动。为了逆向运转，继电器转换（changeover）触点必须逆转与电动机场绕组的连接。交流电动机理论不是需要 CCTV 工程师特别熟悉的知识。但是，重要的是，当安装或替换 P/T 单元时，能确保它们与站点驱动的驱动电压是相容的。将 230V 交流电施加到 24V 直流电动机上极可能具有灾难性结果！一些站点驱动具有选择驱动电压类型的设施（见本章后面内容）。

P/T 单元包含至少 4 个限制开关。这些都具有保险装置的形式，要将之调节设定到水平和垂直方向的最大偏差点。没有这些装置，电动机会简单地驱动单元转动，导致机壳（housing）和接收器之间的连接线缆扭曲绕在安装架，这样的动作一直进行，直到线缆断裂，或机壳阻塞。在安装过程中，为了适合特定的位置，工程师调节限制开关位置，但在多数情形中，单元是如此设计的，即在停止之前，将不会摆动超过 355°。

如果摄像机仅偶尔运动，则限制开关是令人满意的。但是，采用永动型人工控制的系统，对一种设施的要求就是明显的，就是为每个全功能摄像机位置设置许多预先确定的位置。为了让这些预设置有效，不仅固定摆动和倾斜位置是必要的，而且那个位置的缩放和聚焦设置也必须固定。明显地，机械限制开关不能提供这种控制，必须设计一些其他方式。

最常见的解决方案是在摆动/倾斜单元和缩放镜头组件内部放置可变电阻（在本书第4章图4-19中讨论过）。当电动机移动进行摆动、倾斜、缩放和聚焦时，关联的电位计旋转，产生一个直流反馈电压，该电压可由控制电路监视。在编程过程中，操作员将P/T单元移动到期望的位置，调节缩放和聚焦，并将这些参数输入到一个内存储器，分配一个预设号。此刻控制单元从每个电位计处测量直流反馈，将测量信号传递到一个A/D转换器，并将数字值存储于存储器中。在操作过程中，无论何时选择预设号，控制单元检查电位计的位置，并移动四个电动机，直到来自每个电位计的反馈电压等于存储于存储器中的数值。

采用这种控制方法，预设值和限制位置就不是机械地设置的，而是在PTZ控制器中设置的。因此理论上而言，可能预设位置的数量是没有限制的。取决于控制器，可编程设置预设位置，少则5个，多则100个。对于CCTV操作员而言，大量位置没有太多用处，因为期望他/她记住每个位置是不可行的。考虑具有10台摄像机的系统，其中每台摄像机编程设定100个预设位置：谁能记住1000个预设位置号呢？但是，许多控制系统具有一种自动巡逻设施（功能），在没有任何活动或当系统无人值守时，操作员可使摄像机通过一组位置模式而运动。应该指出的是，在大量使用这种功能的情况下，P/T单元齿轮和离合器的磨损和拉伤就会比较大。

多个预设位置的另一项用途是与报警信号一起使用（见本书第9章）。接收到一个特别报警信号输入时，通常情况下，控制器可编程将一台或多台摄像机移动到一个给定位置，并在录制处理中优先录制这些视频信号。

10.3 接收器单元

典型的遥测接收器单元如图10-5所示。在这张图中，我们能够识别出到此为止我们在本章中讨论过的许多特征。

在数据与视频信号复用在一条同轴线缆的情况下，为了能够将数据提取出来，摄像机信号环回通过接收器就是必要的（记住，视频信号是从摄像机传递到控制室的，而数据是以另一个方向传递的）。一些接收器具有双绞线对遥测输入的选项，这将我们带到下一点，即DIL开关。这些开关用来定制设定接收器到系统和位置（的连接），可提供这样的选项，例如同轴或双绞线数据输入，4线或3线镜头走线，5V或12V镜头操作，P/T电动机驱动电压，辅助输出功能等。在安装过程中，这些开关的正确设置是极端重要的，因为如果这些开关中的任何一些开关处于错误的位置（对安装类型而言），单元就不能正常工作（如果不是完全不可能的话）。必须谨慎地遵守制造商们的使用说明。

对于如图10-5所示的驱动电路（driver），摆动和倾斜输出实际上是如图

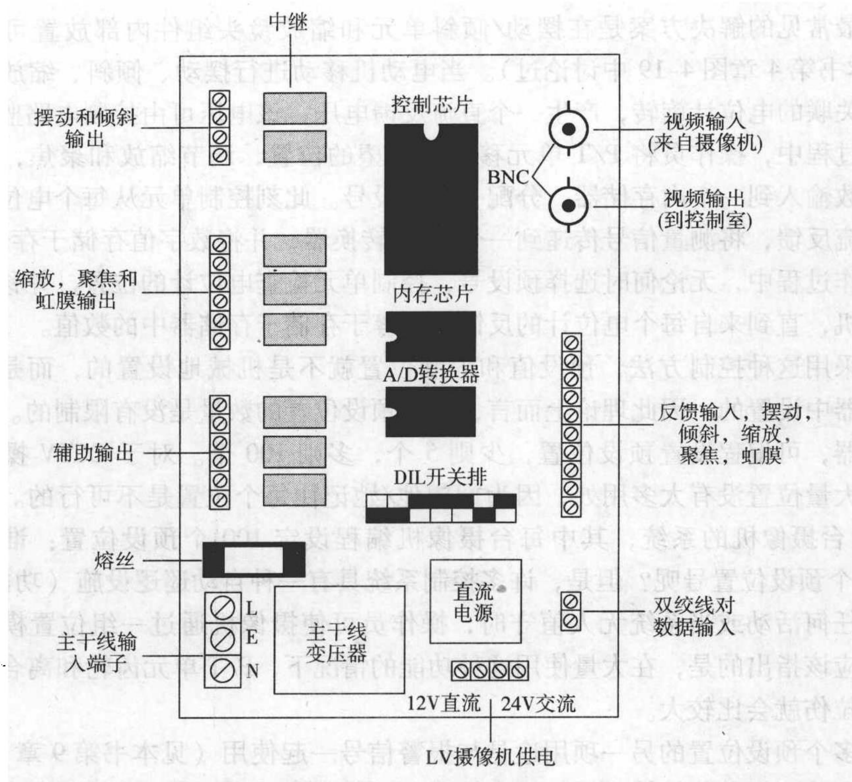


图 10-5 典型的接收器单元

10-1所示的那些内容，但是，辅助输出是多少有些不同的。因为这些可用来开关主干线电压或低电压设备，端子简单地连接到 PCB 上的一组空闲继电器触点。因此安装人员可将设备要求的供电通过这些开关触点进行连接。DIL 开关用来将每个输出指派到一项特定任务（清洗、擦拭、灯光等），以使（例如）当操作员按下键盘上标有“灯光”的按钮时，指派到灯光的辅助输出就改变状态。如果当选择“灯光”时，清洗机启动，就可能有一个 DIL 没有正确设置。

在接收器中，控制芯片执行所有后勤功能以及数据信号解码、输出切换等。存储器芯片存储预设置等级（数值），这些值通过 A/D 转换器芯片来自于电位计。

对于所有遥测控制的系统，在控制器和站点驱动器之间使用的协议是随制造商的变化而变化的，重要的是除非确切地知道设备是兼容的，否则在一个系统内不要混用设备。在设备不兼容的情况下，在多数情形中遥测功能将不能工作。为了实现兼容性，许多制造商在他们的站点驱动器中包括 Pelco D 协议集。Pelco D 在业界已经成为一个标准的东西，且因为 Pelco 允许使用这个协议，来自不同制造商的设备件（除非它们确实不兼容），就遥测（数据通信）而言它们能够

通信。

接收器要求一个本地 230V 交流供电，必须接地。接收器单元、P/T 单元和摄像机之间的所有线缆都必须是有弹性的，且出于保护目的，正常情况下，要通过一个 Copex 弹性导管馈入连接。注意，为了遵循 IEE 有关线缆隔离的规章，承载主干线电压的任何线缆一定不要与同轴以及任何其他低压线缆通过相同导管进行传输，除非 ELV 线缆的绝缘性能达到可承受主干线供电电压的等级。

10.4　球形系统

包含一个 P/T 单元、站点驱动器和供电模块的预组装球形（Dome）系统已经大量替换了传统 P/T 单元。在一些情形中，组件中包括一台摄像机，但这可能多少带来局限，因为这种情况下安装人员就不能选择摄像机的指标了。存在可用的球形装置，其中可以装配安装人员选择的摄像机和全功能镜头，并有室内和室外两种类型。

球形装置很受欢迎也许有许多原因。非常常见的情况是，客户优先选择球形装置，原因是它们是可见的，但也是隐蔽的。也就是说，人们能够明显地看到，房屋是被 CCTV 监视的，但他们从来不知道何时正被监视观察。从美学上来说，相比于传统 P/T 和站点驱动器组件而言，球形装置通常看来是比较适合环境的。因为球形装置是组装好的，所以安装人员没有多少工作可做。但在所有这些功能之上的一个功能是，有高速的球形装置，它能够进行 360°连续旋转。

高速功能使 P/T 单元能够以 300°/s 左右的速率转动摄像机，同时从缩放和聚焦伺服得到相应的响应。包括多个预设位置提供了对操作员或警报激活请求的快速响应。通过在站点驱动器上安装复杂的伺服电动机，就可能进行速度控制，其中控制直流步进电动机，或在一些情形中使用可变高频供电电压的交流同步电动机（注意，改变同步电动机的交流供电的频率，就改变了它的速度）。

通过在摄像机和站点驱动器之间利用滑环连接所有的电气连接（包括视频信号），就可能进行 360°旋转。这个原理如图 10-6 所示。

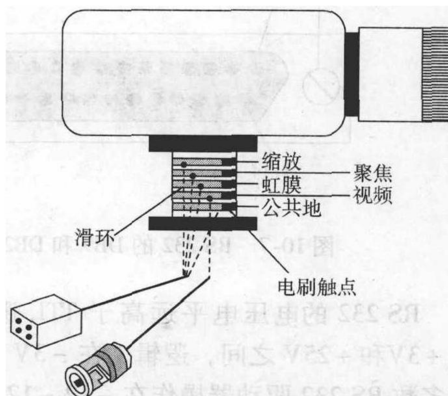


图 10-6　使用滑环耦合旋转摄像机和固定线缆的原理

10.5 数据通信

在本书第 11 章我们将详细介绍有关 CCTV 设备的 CCTV 信号传输和遥控的网络通信方面内容。但是，在 LAN/WAN 上的 TCP/IP 不是 CCTV 设备遥测控制的惟一方法，仍然使用了许多常见的标准接口，包括 RS 232、RS 422 和 RS 485（RS，建议标准），执行遥测控制和设备连接的功能。为了使不同产业和制造商的设备能够通信，信号电平、极性和频率的某种形式的标准化就是必要的。同样，设备之间连接器的结构必须是相同的。可在建议标准中找到上述这样的标准。

用于计算业界的，也许最古老的通信协议是 RS 232，该协议是在 1962 年引入的。RS 232 接口是一种非常普遍的接口，并已经大量使用了许多年，它连接基于计算机的设备。在多数情形中，使用称为 D 连接器的连接器类型；DB9（9-针）和 DB25（25-针）的引脚排列如图 10-7 所示。

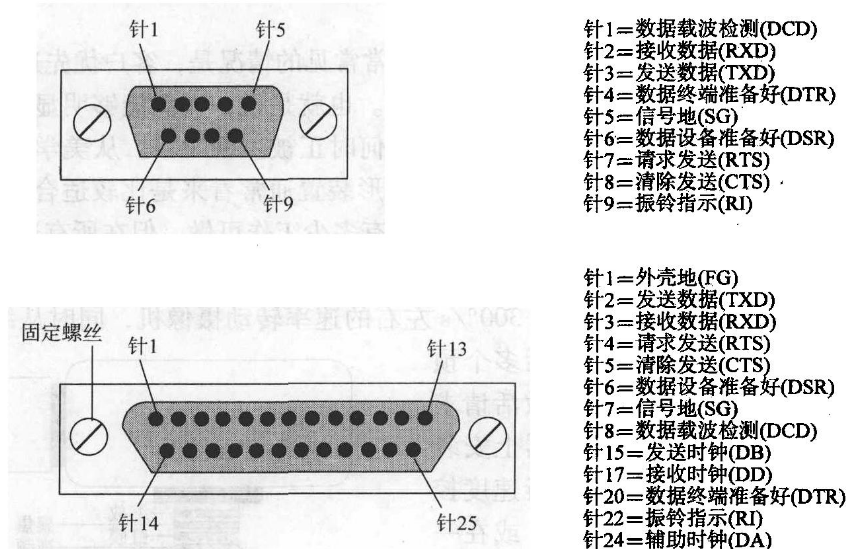


图 10-7 RS 232 的 DB9 和 DB25 类型连接器（公连接器，前视图）

RS 232 的电压电平远高于 TTL 逻辑电路的电压电平。理论上说，逻辑 0 在 +3V和 +25V 之间，逻辑 1 在 -3V 和 -25V 之间。但是，在实际情况中，绝大多数 RS 232 驱动器操作在 -12 ~ 12V 之间，且存在一些驱动器，它能够在仅仅电压幅度 0 ~ 5V 之间支持 RS 232 数据（传送），虽然线缆长度可能是有限的。

就 RS 232 而言，主要限制因素是最大线缆长度较短，规定为 15m（50ft）。这样短的长度的主要原因是线缆中的电容总量，如我们在本书第 2 章看到的

(见图 2-2)，积分方波破坏了数据信号。另一个限制因素是波特率低（数据传输的速度，表示为每秒比特数或 bit/s[⊖]。在一条 15m 长度线缆上 RS 232 最大规定速度是 20kbit/s，虽然在更短距离上可得到高达 115kbit/s 的速率。

各部分说明如图 10-7 所示：

● 外壳（框架）地，是一个保护性接地，保护敏感微型芯片不受损坏，如果允许静电在设备外壳周围积累，就可能发生损坏芯片的情形。它也作为一个屏蔽层，防止 RFI 和 EMI 破坏数据。

● 传输数据和接收数据连接，是总线任一端处两个设备件之间的主要数据链路。

● 请求发送，用于调制解调控制，当数据终端设备（DTE）准备好发送数据时，它切换到载波上。

● 清除发送，对 RTS 上逻辑 0 的应答，一旦它准备好要传输，调制解调器就将 CTS 置于逻辑 0。

● 数据设备准备好，当调制解调器是活跃的，它将该引脚置于逻辑 0，使 DTE 知道它连接到一个"活跃的"调制解调器。

● 信号地，是一个公共的负电平，所有信号都是以之为参考电平的。

● 数据终端准备好，这是数据设备准备好动作的互补动作。为了传输和接收数据，在设备之间时钟信号维持正确的时序/同步。

RTS 和 CTS 之间的行为称为握手，握手是描述正在交换数据的设备之间的协作。这个协议是必要的，因为设备同时发送和接收是不可能的。一个典型的握手序列可能是：DTE 声明 RTS ⟶当调制解调器启动时稍稍延迟⟶调制解调器在 CTS 上做出应答⟶DTE 开始数据传输。

RS 232 的自身局限在如 RS 422 和 RS 485 这样的标准中被克服了。这两个协议都利用了沿一条双绞线传递的低阻抗差分信号，传输距离更长（在公里的量级上)，且因为任何外部噪声在两个导体中感应出等量的信号，则作为均衡线缆的作用加上接收设备处均衡输入的结果，就抵消了噪声。为了发起和接收差分信号，要求特殊的线放大器/驱动器。原理如图 10-8 所示，而双绞线传输的原理在本书第 2 章已讨论过。

RS 422/485 是双导线（单个双绞线对）系统。虽然这是事实，线驱动器同样依赖于一条地线连接产生信号电压，回忆一下在本书第 2 章关于地电动势差的讨论（见图 2-11)，在这条地连接的两端电动势不同的情况下，就会出现问题。为了提供设备间可靠的地连接，许多制造商指定采用两条双绞线线缆，其中第二

⊖ 这种说法是不确切的。波特率的单位是 baud/s，指信号变化的速率。——译者著

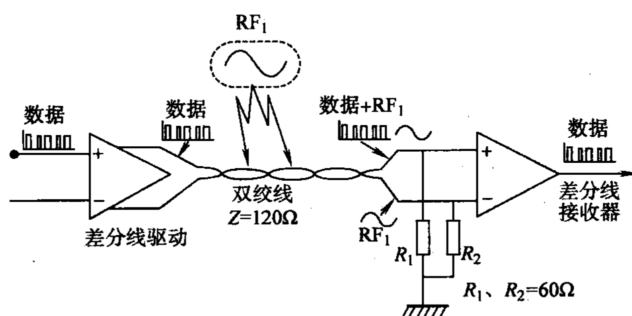


图 10-8 RS 422/485 传输图解（RFI 由均衡线缆和差分输入的作用取消，R1/R2 形成沿线的 120Ω 终结电阻；注意参考电压是对地而言的（见正文））

对是与地端子并行连接的。双倍导体确保电阻较低，且地连接远较电气地要可靠，原因是不存在地回路电流形成的可能性。

RS 422 标准定义了在 15m（50ft）的最大数据速率为 10Mbit/s，在最大线缆长度 1.2km（4000ft）是 100kbit/s，信号电平在 0～5V。使 RS 422 在许多应用中流行的一个特征是其容易与 RS 232 连接的能力。通过将一个简单的线驱动器连接到一个 PC COM 端口，通过将之转换为 RS 422 信号，RS 232 信号可有效地在约 1km 距离上进行传输，之后通过在接收端使用第二个线驱动器将信号再次恢复为 RS 232。

RS 422 总线可包括多达 5 个发送器和 10 个接收器，但任意时间仅有一个发送器能连接导线。

RS 485 在 1983 年引入，能够在一条双绞线对上支持多达 32 个设备，虽然改进版本能够支持多达 256 个设备。设备是并行地以菊花链方式连接到双绞线对的，且每个设备可配置为发送器和接收器（虽然像 RS 422 一样，在任意时间仅有一个设备可以发送）。线驱动器是三态设备，这意味着它们的（发送器）输出可在逻辑 0、逻辑 1 或与线断开。

在一项 CCTV 应用中，第一个设备可以是一个遥测控制器，其他 31 个设备是站点驱动器。在系统被一台 PC 管理的情况下，RS 485 网络通过一个 RS 232（COM）端口或 USB 端口以前述针对 RS 422 描述的一种类似方式连接到 PC。一个 PC 管理的系统图解如图 10-9 所示。

为了防止 RS 485 数据总线中的信号反射，总线两端应该终结在正确的阻抗。终结阻抗典型的在 100Ω～120Ω，这取决于采用的线缆类型以及差分线驱动器的设计（见图 10-8）。

RS 422 和 RS 485 规范没有考虑任何实际的传输协议，意味着制造商可

自由地使用或开发最适合其应用的一个协议。这可解释为什么采用 RS 485 的一个 CCTV 站点驱动器未必与同样使用 RS 485 的其他站点驱动器兼容的情形。

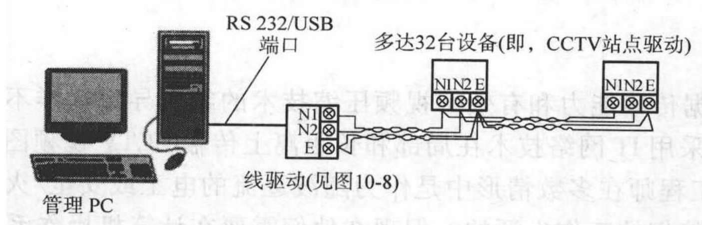


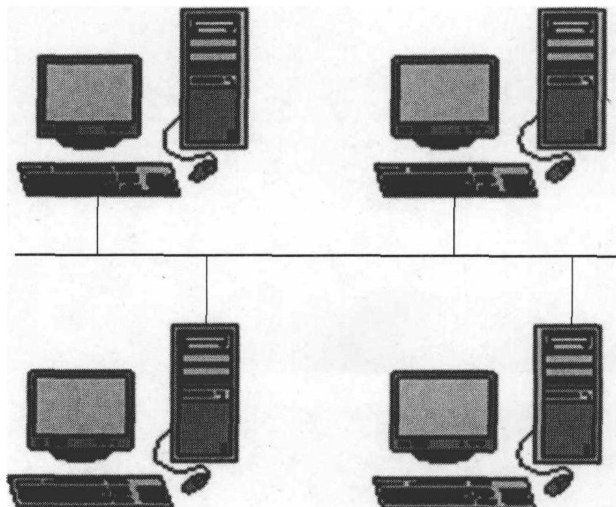
图 10-9 线驱动器将 RS 232 或 USB 输出转换为 RS 485
（其后设备以菊花链方式通过一条线对，
第二条线对作为一条地导线）

第 11 章　网络上的 CCTV

高速数据传输能力和有效的视频压缩技术的组合导致这样不可避免的转变，即朝向采用 IT 网络技术在局部和长距离上传输 CCTV 视频图像。结果就是，CCTV 工程师在多数情形中是作为随波逐流的电工或安全/火警系统安装人员而开始他们的工作生涯的，但现在他们需要在计算机操作系统和联网方面具有足够的知识和竞争能力。当然我们并不企图在本章结束时将安全系统工程师变为羽翼丰满的网络工程师，而仅是他们将对如下内容有所理解：网络拓扑，如何在网络上管理数据，任意网络的限制，以及当将 IP 摄像机和网络视频录像机（NVR）等连接到一个网络时，所有这些如何以一种实际方式实施。

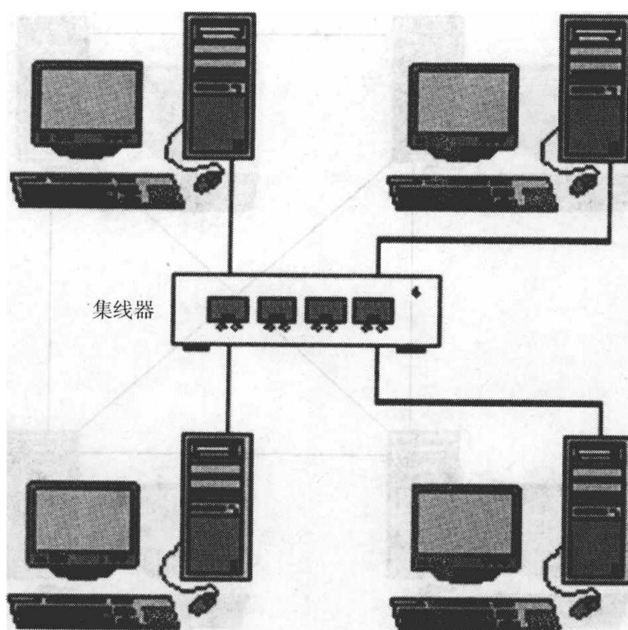
11.1　网络拓扑

拓扑是网络的结构化布线图，或地图。在计算机网络中，使用中的有 5 种拓扑（虽然一些拓扑要远较其他拓扑得到普遍使用）：总线型、星形、环形、网（mesh）和无线。其中 4 种拓扑如图 11-1 所示。

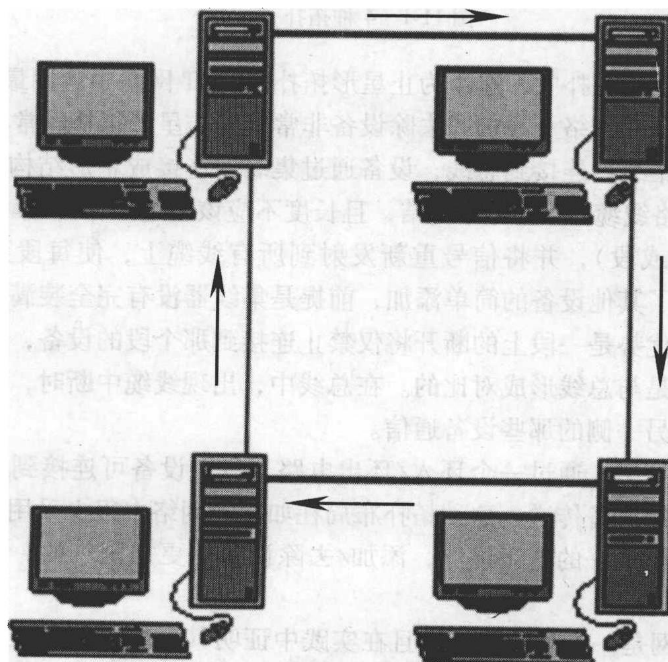


a）总线型拓扑（所有设备都连接到单根连续线缆）

图 11-1　4 种拓扑

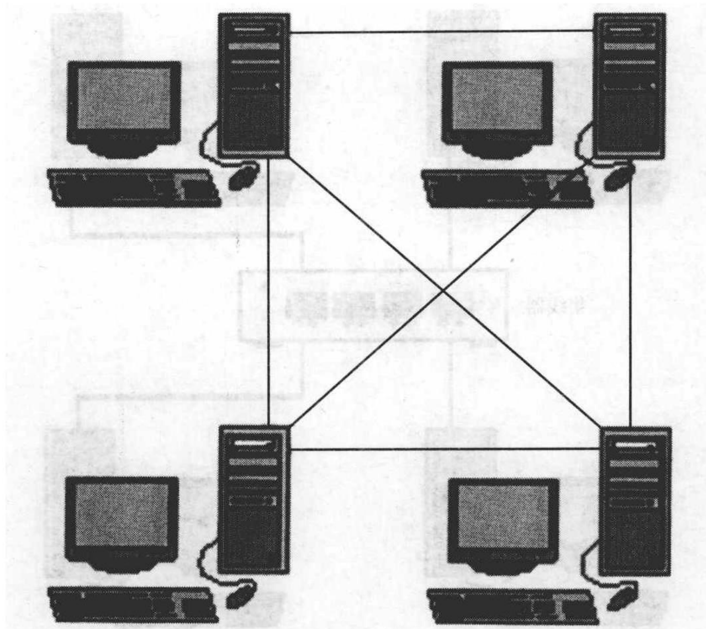


b）星形拓扑（经常与总线拓扑一起使用）



c）环形拓扑（设备以一个环路连接，数据在设备间的一个方向传递）

图 11-1　4 种拓扑（续）



d）网（mesh）拓扑（非常可靠，但由于要求的极大量线缆，难于安装和改变）

图 11-1　4 种拓扑（续）

在 4 种硬接线拓扑中，迄今为止星形拓扑是在 IT 网络中应用最普遍的一种。这种拓扑简单，在网络上添加或去除设备非常容易。星形拓扑经常与一条总线拓扑一起使用，集线器连接到总线，设备通过集线器连接成星形结构。记住，CAT 5 和 CAT 6 网络线缆需要 100Ω 终结，且长度不应该超过 100m，集线器终结每条单独的线缆（或段），并将信号重新发射到所有线缆上，使每段延长到 100m。集线器也方便了其他设备的简单添加，前提是集线器没有完全装满的情形。星形拓扑的另一项优势是一段上的断开将仅禁止连接到那个段的设备，使系统远较鲁棒和可靠，这是与总线形成对比的。在总线中，出现线缆中断时，在中断一侧的设备将不可与另一侧的那些设备通信。

在环形拓扑中，通过一个环入/环出电路，每个设备可连接到它的邻居，数据以一个方向绕设备传递。这种拓扑布局在如今的网络中很少采用，原因是它提供不了比一条总线好的真正优势，添加/去除设备是更加困难的，因为这样就不得不中断环路。

（混杂）网是一个理论概念，且在实践中证明其系统安装是极其昂贵的，添加/去除设备将是非常困难的。图 11-1d 所示仅有 4 台设备，但想像一下，以这种方式连接 50 或 100 台设备的问题！在实践中，混杂网拓扑在 Internet 上只用于有限的范围，为的是提供可靠的连接。

RF 无线网络，有时称为自组织网络，由于它们的功能多样而得以流行；建立一条连接就是需要在你使用的设备和你要连接的网络之间连通一个信号。无线网络具有许多非常明显的优势，包括设备的便携性、设备的添加/去除简单以及有限的安装成本。尽管如此，因为带宽的限制，一般而言无线连接要慢于硬连线，且在一些情形中信号强度随时间而变化，导致连接的间歇性丢失。

网络分成两种类型：局域网（LAN）和广域网（WAN）。有时难于准确地确定是哪种网络终止和另一种网络的开始，且关于这个术语存在不同解释。简单来说，一个 LAN 可定义为一群 PC（或其他网络设备），它们能够检取一个以太网广播（信号），如我们将在本章后面内容看到的，广播是由路由器拦截的。所以一般而言，一个 LAN 局限于一台路由器的一侧。相比而言，一个 WAN 在路由器间扩展延伸，虽然它未必覆盖一个广阔的地理区域，但在许多情形中它连接距离数英里的站点。应该指出的是，一个 WAN 未必包括万维网（或 Internet）。它可能是一个专有网络，完全由连接站点的专线组成。这样的一个 WAN 经常称作一个内部网。

11.2　网络硬件

由两个 LAN 可以组成的一个典型 WAN，LAN 采用总线型和星形拓扑，如图 11-2 所示。在这个拓扑中，骨干连接是主总线，所有网络设备连接到其上。每条到骨干的个体连接称作一段。常见的情况是，骨干比分段具有较宽的带宽，因为它必须携带网络上的所有流量。

连接到一个网络的任意设备称作一个节点。多数设备通过一块网络接口卡（NIC）连接到网络，且多数这样的设备都使用一个 IP 地址在网络上被寻址（见本章后面）。使用一个 IP 地址的网络设备称作主机（host）。NIC 也称作以太网卡，执行如下功能：将数据组织到帧，管理主机之间这些帧的传递，以及纠错。在确定网络速度方面，NIC 也扮演了一个重要角色。在本书第 2 章，我们了解到 CAT 5 和 CAT 6 结构化线缆网络可能的数据速度。但是，不仅线缆确定数据速率；NIC 也必须能够在要求的速率上处理数据。例如，将具有一块 CAT 5 NIC 的设备连接到 CAT 6 网络，不会在连接速度方面产生任何改进，因为系统将总是强制工作在设备的最低速度上。

每块 NIC 都被赋予惟一的媒介访问控制（MAC）地址，也称作硬件地址，或以太网地址。该地址具有 12 位 16 进制码的形式，由短横线分割，如，00-20-4A-32-F2-3C。电子电气工程师协会（IEEE）被赋予在世界范围内管理 MAC 地址的任务。NIC 或其他网络设备的任何制造商将购买惟一地址（地址范围），由

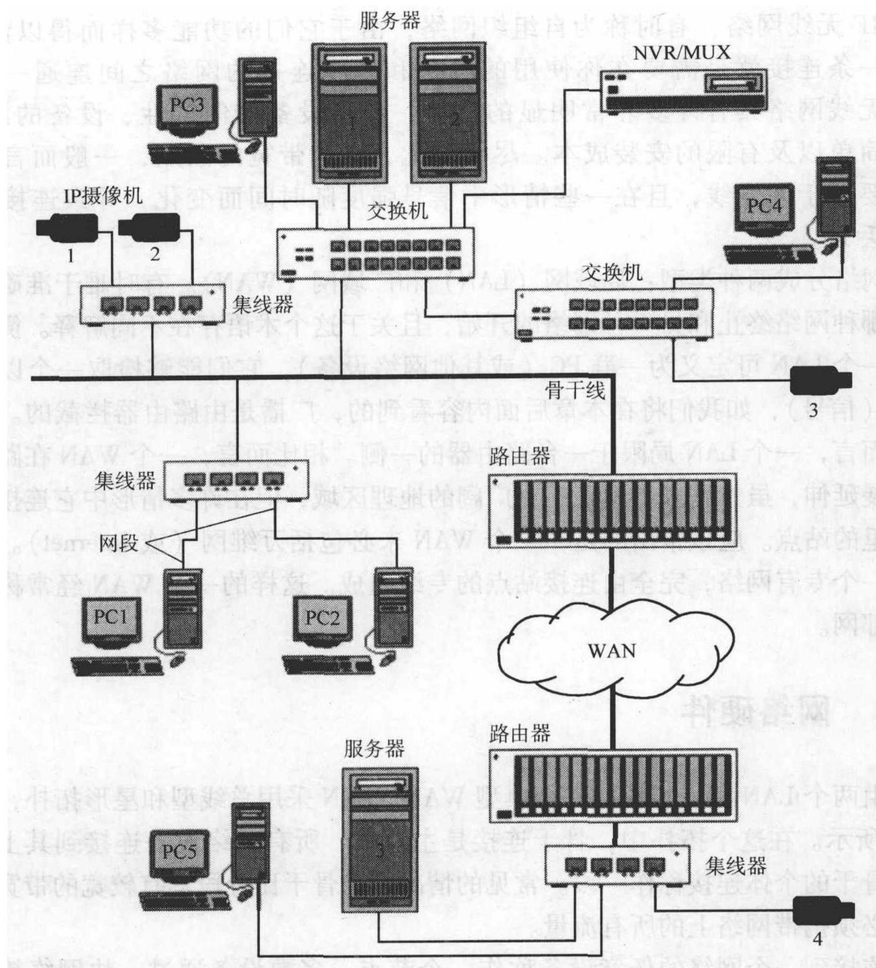


图 11-2 包括 CCTV 设备的主要网络部件（这个范例给出由两个 LAN 组成的一个 WAN）

12 位码中前 6 位组成；例如，上例中的 00-20-4A。通过使 MAC 地址的后 6 位是惟一的，制造商能够为他们制造的每个设备指派惟一的 MAC 地址。如我们将在本章后面看到的，MAC 地址在网络上扮演了一个非常重要的角色。

在像 PC 的设备中，通常情况下，NIC 是集成到主板的，虽然它可装配到一个 PCI 插槽中。在像网络摄像机这样的设备中（或任意其他网络安全设备，例如一个报警收集器点或门禁控制器），NIC 经常包括在板上 RJ45 插槽内部。

集线器也许是所有网络设备中最简单的，原因是它没有任何智能功能，且不做任何决策。它简单地为（典型情况下）4 台或 8 台设备提供星形连接，为每条连接提供 100Ω 终结。多数现代集线器是有源设备，这意味着它们为每条输入/

输出连接集成了独立的放大器，确保在没有衰减情况下的可靠数据传输。放大器的作用也可用于将一台主机和另一台主机之间的距离加倍的目的。如图 11-2 所示，在 NVR 和 1、2 号 IP 摄像机之间的最大距离将限制在 100m 以内。包括集线器实际上将这个距离加倍到 200m。就扩展线缆长度而言，在一条线上可使用多少台集线器作为中继器是有一定限制的，因为最终 S/N 将变得如此低劣，以致将丢失 NIC 之间的连接。

就数据传输而言，集线器不会降低网络流量，因为它简单地将所有流量传递给所有主机。例如，如图 11-2 所示，来自 1、2 号 IP 摄像机的图像可能仅发送到 NVR，但来自这些摄像机的数据报文将通过两台集线器，并将出现在连接两台 PC 的分段上。这将降低网络上那个分段的速率，因为各台 PC 为了传输它们的信息，将必须等待获得访问的顺序。

形成网络分段的一种更加有效的方式是使用交换机。虽然初看情况下，它看起来像集线器，但交换机是具备足够智能功能的，可识别任意数据报文要发往的目的地，并仅将那些报文放到相应的输出端口上。因此，在任何两台主机之间，在它们通信的过程中，交换机在它们之间创建了一条专用路径。这极大地提高了网络性能，因为它意味着，对于多数时间，一对以上的主机能够同时进行通信。如图 11-2 所示，如果 1、2 号 PC 通过一台交换机而不是一台集线器连接，则这两台主机之间的通信就不会将任意流量施加到骨干网络上，且连接到网络骨干上的其他主机将能够同时进行通信。

在一些情况中，使用集线器比交换器可能是更合适的，因为交换机中的处理作用会引入时延成分，而集线器可更快速地传递数据。

由于交换机的类型不同，交换机识别数据报文目的地的方式可能不同。一些交换机察看 MAC 地址（第 2 层交换机），而其他一些交换机察看数据报文的网络地址。这些交换机称为第 3 层交换机，虽然实际上它们是路由器。因此交换机的类型能够影响网络运行的方式以及某些设备（例如 IP 摄像机）如何连接到它们的主机。

类似于交换机的是网桥，它像交换机一样智能地将分段连接起来。主要区别在于，交换机连接多个分段（像一台集线器），而网桥仅连接两个分段。它用来将两个分段上的流量分开，只有在必要的情况下才将流量传递到另一个分段。其原理如图 11-3 所示。有两种类型的网桥：能够连接不同网络（例如，环到总线）的网桥和仅能够连接类似网络的网桥。

路由器用来将数据从一个分段传递到另一个分段，或从一个网络传递到另一个网络。但像交换机一样，它降低了网络流量，仅当必要时才转发数据。但是，与交换机或网桥不同的是，路由器是与 PC 相当的智能设备。路由器不断地询问网络，以便找出其他网络和路由器的存在，之后将这个信息存储在它们的路由表

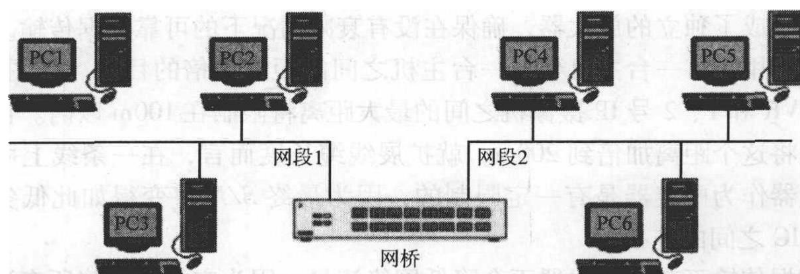


图 11-3 网桥通信原理（仅当必要的情况下，例如，当1、4号PC通信时，网桥才将流量在网段间传递。这个作用提高了网络速度，因为在网段分离的情况下，在分段1上的主机能够同时与分段2上的主机通信）

中。当主机试图向另一网络上的主机发送数据时，路由器将使用它的路由表确定发送数据的最短路径，记住，这条路径也许包括许多台路由器。

路由器和交换机之间的另一项显著区别是，路由器不会传递所谓的广播数据（将在本章后面进行讨论）。这个作用有时能够影响网络设备（例如IP摄像机）的设置，因为用于初始设置的连接协议可能是一条广播，这意味着路由器阻止工程师为了执行设置而连接到设备。这就是为什么有时在现场部署IP摄像机之前，有必要在局部管理PC的网络上配置IP摄像机的原因。

当设置IP设备时，可能要求工程师输入网关IP地址。网关设备是这样的，为了数据能在另一个网络上传递（局域或广域），所有数据必须通过它才能路由。结果就是，通常情况下，可以说网关是路由器，但它们有很大的不同。在一些情形中，作为网关的可能是PC或服务器。注意，在设备（例如IP摄像机）仅与相同子网上的主机通信时，就没有必要输入网关的IP地址。

网络服务器经常看起来像任何其他的PC塔，虽然它可能稍大一点。事实上，在PC与服务器的系统架构之间没有多少差异。就处理能力而言，服务器常常具有比通常的PC更高的指标，且设计为在数年间运行在24/7（每周7天，每天24h）模式下。但是，真正使服务器如此运行的是安装的操作系统，例如Microsoft 2003 Server、Redhat Linux或Sun Solaris。

网络上服务器的一项功能是为客户端PC或连接到网络上的其他设备提供服务。这样的服务包括DHCP和DNS（将在本章后面讨论）、邮件服务、web连接、应用软件、打印服务、文件管理等。

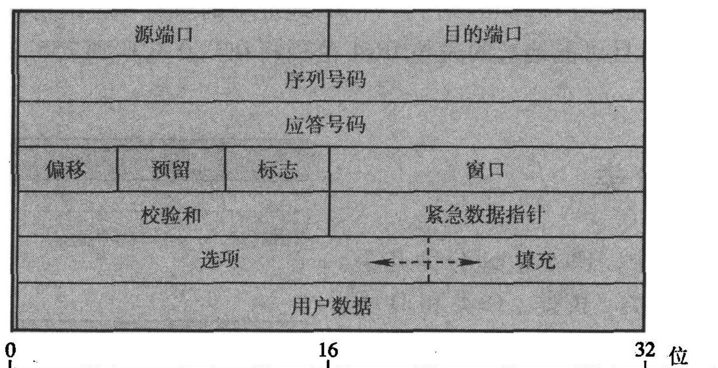
11.3 网络通信

最常遇到的网络通信协议是TCP/IP，或传输控制协议/互联网协议，虽然我

们之后将看到，还有其他的协议（或如果我们乐意从人类视点看待这个问题的话，那就是语言）在使用。与 TCP/IP 最普遍相关的 IP 地址形式是 IPv4，现在它已经应用了许多年（发明于 20 世纪 70 年代）。

简单来说，协议是一组规则，所以 TCP/IP 是两组规则，用于在 LAN/WAN 上传输数据。传输控制协议负责确保完成如下功能：数据在网络上准确地传输；接收主机发送一条确认信息，如果没有收到确认信息就重发数据；在接收端检查数据错误；数据报文是以正确顺序重新组装的。它的做法如下，首先将数据分割成报文，之后在每个报文上添加一个 TCP 头部，这有点像在邮寄一封信时，将你的名字写在打上时戳并写上地址的信封上。具有其 TCP 头部的这些数据报文称为数据报，且每个数据报的长度必须在 576 字节最小长度和 65536 字节的最大长度之间。

通过研究报文头部，也许可最好地理解 TCP 处理，报文头部如图 11-4 所示。源和目的端口信息确保数据是在每台主机中的目标进程间发送的。序列号包含必要的数据，为的是确保重构的报文顺序正确。应答序列号由接收主机使用，以向源主机应答报文已经收到的信息。如果过了某个时间周期，没有收到这样的应答，就将重发这个报文，校验和用来检查接收数据的错误。当在一条报文中检查到错误，就丢弃那条报文，应答序列号就不增加且发送端将重发数据。报文头部中的其他数据虽然重要，但超出了本书的范围。



a）具有 TCP 头部的数据报



b）数据报的传输序列（括号中的数字表示位数）

图 11-4　报文头部

一旦 TCP 创建了数据报，它们就被发送到互联网协议，以便在传输之前进行最终封装。IP 具有添加目的地址的任务（功能），该地址可由所有路由器和网关确定最优传输路径（就路径长度和传输速度而言）。IP 是无连接的，意味着没有握手或接收的应答，这就是为什么为了保障可靠的数据传输，它与 TCP 一起使用的原因。IP 头部也包括与 IP 版本、数据报长度、其自身的校验和、跳计数以及其他信息相关的信息。正常情况下，跳计数设定为 32，这确定在报文作为不能传递而丢弃之前，报文通过的网络路由器的最大数量。如果没有跳计数，不能传递的数据将像某种逃难者一样简单地持续在 Internet 中到处无休止地传递，则到现在为止，网络将是不可用的，因为它已经为这样的数据所拥塞。包含数据以及 TCP 和 IP 头部的完整数据报如图 11-5 所示。

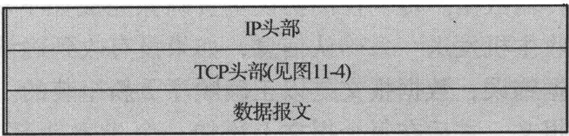


图 11-5 包含 IP 头部和 TCP 头部的完整数据报

一个 IP 地址由称为字节（8 位组）的 4 个 8 比特字组成，每个 8 位组由一个点号分割。一个 8 比特二进制字可具有高达 256 种可能排列，因此，我们不将 8 位组表示为二进制，这对于我们记忆而言是困难的，而将它们表示为十进制的对应数值。例如，二进制 8 位组 11000000 当转换为十进制时将是 192，所以我们在 IP 地址中将之显示为 192。因此，一个 IP 地址中的所有 8 位组将具有 0 到 255 之间的一个数值，且可能地址的完整 IPv4 范围将在 0.0.0.0 到 255.255.255.255 之间。

11.4 IPv4 分类

在原始概念中，IPv4 地址分为几类。我们关注的是 A 类、B 类、C 类和 D 类。类之间的主要区别是网络和主机地址表示的方式，A 类和 C 类的表示如图 11-6 所示。这里我们可看到，一些 8 位组包含网络地址，而剩下的包含主机地址。经常称网络地址可类比为一个街名，主机可类比为房屋地址。如图 11-7 所示，两个独立网络通过一个路由器连接。1、4 号 PC 具有相同的主机地址（.11），但它们的 IP 地址不同，原因是它们不同的网络地址：1

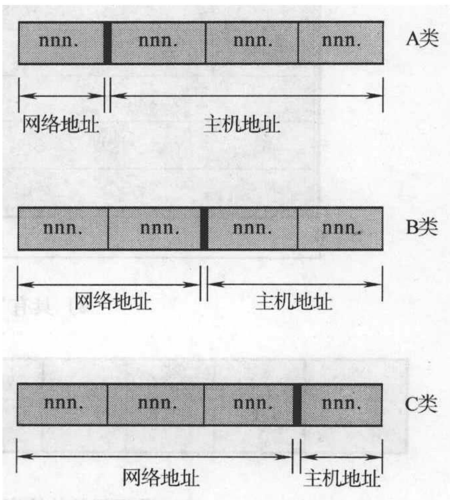


图 11-6 每个 IP 分类使用不同 8 位组表示网络和主机地址

号 PC 地址为 194. 176. 2. 11，而 4 号 PC 地址为 194. 176. 3. 11。

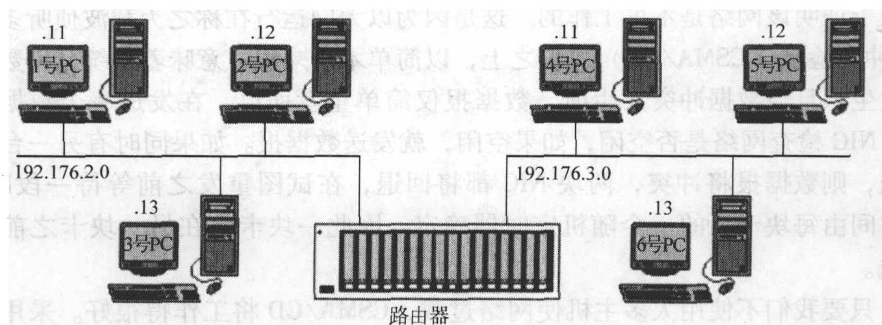


图 11-7　具有不同地址的两个网络，但主机具有相同的地址范围（注意网络地址使用一个零表示主机 8 位组，这就是为什么所有网络地址以零结束的原因。1 号 PC 的 IP 地址是 192. 176. 2. 11，而 4 号 PC 的 IP 地址是 192. 176. 3. 11）

IP 分类最初由最左 8 位组的数据表示，这些数据见表 11-1。应该指出的是数值 127 不包括在内。这是因为它保留为测试地址，称为回环地址。D 类 IP 地址保留作为组播使用，它是单次传输能够到达网络上主机组的传输方式。正常情况下，组播仅在研究网络时采用，但是，它日渐出现于专用 CCTV 网络上，其中来自大规模 MUX 或矩阵切换器的图像需要被多名操作员访问。通过采用组播，网络流量得到极大降低，原因是每幅图像仅需要一次就发送到所有接收者。最后，E 类 IP 地址范围主要用于试验目的。

表 11-1　IPv4 分类特征

地　址　类	地址范围（第一个 8 位组）	网 络 数 量	主 机 数 量
A	1 ~ 126	127	16777213
B	128 ~ 191	16385	65533
C	192 ~ 223	2097152	253
D	224 ~ 247	—	—
E	249 ~ 255	—	—

注：最左 8 位组的数值表示 IP 分类，例如，地址 192. 176. 2. 2 将是一个 C 类 IP 地址。

表 11-1 也给出每个 IP 分类可用的最大网络数量和主机数量。在许多方面，C 类是最常见的，也是最实用的。因为允许许多网络存在，但主机数量限制为 253（理论上而言，这个数值将是 $2^8 = 256$，但可用主机地址的最大数量总是要减掉 3，因为 3 个地址要用于网络上的特殊作用）。B 类看来更有用，因为它允许如此多的主机在每个网络上，且仍然比任何机构可能要求的更多的网络。实际

上，将65533台主机放置到单个网络上将导致如此多的数据冲突和后续的重发，以致于证明该网络是不可工作的。这是因为以太网运行在称之为载波侦听多路访问/冲突检测（CSMA/CD）协议之上，以简单术语来说，意味着系统允许数据冲突发生，且当数据冲突发生时，数据报仅简单重发而已。在发送一个数据报之前，NIC检查网络是否空闲，如果空闲，就发送数据报。如果同时有另一台主机发送，则数据报将冲突，两块NIC都将回退，在试图重发之前等待一段时间，该时间由每块卡上的一个随机定时器确定。因此一块卡将在另一块卡之前重新发送。

只要我们不使用太多主机使网络过载，CSMA/CD将工作得很好。采用非常高的数据速率的流量，冲突的数量将会非常高，这顺次导致许多次重发，重发导致甚至更大量的流量，接着导致更多的冲突等等。

11.5 保留地址

在A类、B类和C类范围内，有保留的IP地址范围（区间）。这些地址永远不能用于公开网络（即Internet），但可用于私有网络。对于A类网络，保留地址范围是在10.0.0.0和10.255.255.255之间，对于B类地址范围在172.16.0.0和172.31.255.255之间，对于C类网络地址范围在192.168.0.0和192.168.255.255之间。保留且将因此不在Internet上出现的另一个地址范围是169.254.0.1到169.254.255.254。这些是网络设备不能从一台DHCP服务器获得一个地址的情况下，该设备将指派给自己的自动配置地址（参见本章后面内容）。

重要的是认识到，仅对于公开网络要遵循IPv4分类规则是至关重要的，对于一个私有网络，可采用任意IPv4地址。初看起来，这看来是不会工作的，因为我们最终将有来自不同网络的许多主机在Internet上通信，所有主机都具有相同的IP地址——有点像在房间中有20个称为John的人，且某人在门外喊，“这里有John的一条消息”。但是，一个私有网络将不会直接连接到公开网络，它必须通过某种形式的接口连接到公开网络。最常见的接口是网络地址转换（NAT），其中网络设备（常常是路由器或代理服务器）取得目的地为Internet的在私有网络上的数据报，并去除本地IP（源）地址，将之替换为一个IPv4 C类地址，或也许是一个IPv6地址。其原理如图11-8所示。没有NAT的话，我们将在很长时间以前就用光IPv4地址了，而通过使用NAT，我们能够在没有冲突的情况下，在私有网络间使用重复的IP地址。

采用NAT的另一项优势是代理服务器或路由器使原始主机设备对Internet和接收者而言，是不可见的，这增加了网络的安全性。但令人悲哀的是，在这个充满黑客和病毒脚本编写者的世界，要将入侵者拒之门外，很可惜NAT设备是不

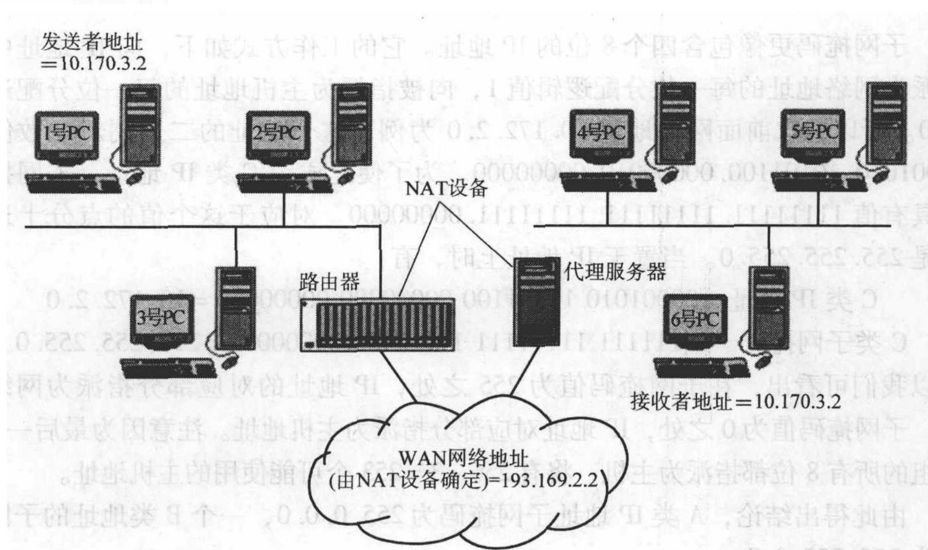


图 11-8　NAT 的作用（非常巧合，1、6 号 PC 具有相同的 IP 地址。但是，因为它们属于不同网络，就不发生冲突，原因是当数据传递进/出 WAN 时，NAT 设备更换 IP 地址）

够用的，必须应用其他的安全方式，例如防火墙、防病毒软件、定期 Windows 更新等。

11.6　子网划分

我们已经看到，对于私有网络，可使用任意类的 IPv4 地址。但是，我们能够（且常常这样做）将这种做法更推进一步。在数据报中包括称为子网掩码的另一个数据串。当覆盖在 IP 地址之上时，这个数据用于识别地址的网络和主机部分，而不是使用第一个 8 位组进行识别。所以，通过使用一个子网掩码，我们能够使任何 IP 地址适配到 A 类到 C 类地址。例如，通过向 A 类保留网络地址 10.172.2.0 添加一个合适的子网掩码，我们可将前三个 8 位组识别为网络地址，第四个 8 位组识别为主机地址，使之作为一个 C 类 IP 地址。

子网划分的一项优势是，我们能够生成非常大量的新的网络地址用于私用，或换种说法，我们能够增加网络地址的数量。其方法是使用子网掩码将网络和主机（见图 11-6）之间的分割线向右移动一个或两个位置。

采用子网划分，就可以独立地在网络上路由。这使得可用带宽得到的使用更有效率。其方法是降低网络流量，减小路由表的大小，提供将一个网络隔离于另一个网络的简单方法，以及增强提供网络安全的能力。

子网掩码更像包含四个 8 位的 IP 地址。它的工作方式如下，向 IP 地址中被指派为网络地址的每一位分配逻辑值 1，向被指派为主机地址的每一位分配逻辑值 0。所以，取前面网络地址 10. 172. 2. 0 为例，这个地址的二进制对应数值为 00001010. 10101100. 00000010. 00000000。为了使之成为 C 类 IP 地址，子网掩码将具有值 11111111. 11111111. 11111111. 00000000。对应于这个值的点分十进制值是 255. 255. 255. 0。当置于 IP 地址上时，有：

C 类 IP 地址 = 00001010 10101100 00000000 00000010 = 10. 172. 2. 0

C 类子网掩码 = 11111111 11111111 11111111 00000000 = 255. 255. 255. 0

所以我们可看出，在子网掩码值为 255 之处，IP 地址的对应部分指派为网络地址，子网掩码值为 0 之处，IP 地址对应部分指派为主机地址。注意因为最后一个 8 位组的所有 8 位都指派为主机，将有 256 - 3 = 253 个可能使用的主机地址。

由此得出结论，A 类 IP 地址子网掩码为 255. 0. 0. 0，一个 B 类地址的子网掩码为 255. 255. 0. 0。

现在让我们看看子网掩码如何用于将一个网络分成四个相同尺寸的分段。仍然以 10. 172. 2. 0 为例，从表 11-1 中我们知道，在每个网络上具有 253 台主机的情况下，可能得到 2097152 个网络地址。假定现在我们向这个网络地址加入如下的子网掩码：

IP 地址 = 00001010 10101100 00000010 00000000 = 10. 172. 2. 0

子网掩码 = 11111111 11111111 11111111 11000000 = 255. 255. 255. 192

这可以将主机地址的 2 位释放到网络地址，将网络地址数量增加到 8388608。但是，现在仅为每个网络上的主机地址留了 6 位，意味着现在每个网络上我们仅有 64 - 3 = 61 台主机。现在必须要问的问题是，为什么我们要这样做？什么时候一个机构会觉得他们将需要超过八百万的网络地址？但是，子网划分的目的不是增加可用的网络，而是有意地减少每个网络上主机地址的数量。我们这样做的理由是因为在实践中用户可能仅有少量主机连接到任意一个网络，所以可用地址的剩余部分是没有使用的，因此就浪费掉了。通过将原始地址分割为四个，每个子网仅有 61 个主机地址，则具有未用地址的机会就更少，且其他组的 61 个主机地址可用在其他网络上（它们被分配其他的网络掩码）。同样，通过减少每个网络上的主机数量，我们可进一步降低网络流量，因此提高了（网络）效率。

子网划分是由 IT 管理员实施的，且可在任意时间进行划分或改变划分。对 CCTV 这意味着，一旦摄像机和其他网络设备根据任何当前子网进行了设置，如这些子网改变而不修改每个 CCTV 设备的网络设置，它们将立刻下线。实践中，被叫来解决 CCTV 图像突然丢失故障的 CCTV 工程师很少被告知这种变化，因此可能花费大量时间查找问题的原因。聪明的工程师在其调查故障的开始阶段会先咨询 IT 部门。另一种方法是，他可检查当前子网掩码，对比历史记录或摄像机/NVR 中的设置。将在本章后面讨论执行这项检查的方法。

11.7　指派 IP 地址

每当一台新的主机连接到网络，该主机将需要指派给它一个 IP 地址。如我们已经看到的，这个地址一定在那个特定网络上使用的网络分类或子网的范围中，且它一定不能已经被另一台主机使用，否则在网络上将存在 IP 冲突。当发生这种情况时，新主机将不能与其他主机或作为到其他网络网关的路由器/代理服务器进行通信。明显的是，手工指派 IP 地址对于 IT 管理员而言意味着要做大量的工作。而且，在一个大型网络上，跟踪 IP 地址是非常困难的，特别像笔记本等设备不断地连接、离开和在网络上到处移动的情况下尤其如此。

虽然手工向一台主机指派一个 IP 地址是可能的，但多数网络都有一台动态主机配置协议（DHCP）服务器，该服务器将自动地执行这项功能。DHCP 工作过程如下：

记住，一台主机通过它的 NIC 连接到网络，且每个 NIC 都有惟一的 MAC 地址，一台主机连接到网络的瞬间，它开始广播它的 MAC 地址。这条广播被 DHCP 服务器（假定存在一台）收到，该服务器立刻为那个 NIC/主机指派一个 IP 地址。DHCP 服务器也关于该 IP 地址发布一个租期，例如 8 天（图 11-9a）。只要主机仍然保持连接到网络，它将继续使用那个 IP 地址，但在租期过了一半之后，主机将自动地请求延续租期，正常情况下这会被授予（同意延长的租期）。如果当请求延续租期时 DHCP 服务器不在线，主机将继续使用这个 IP 地址，直到过了 7/8 的租期。之后，它将试图再次延续租期，仅在这时，它将接受来自任何做出响应的 DHCP 服务器的一个租借（IP 地址及其租期）。

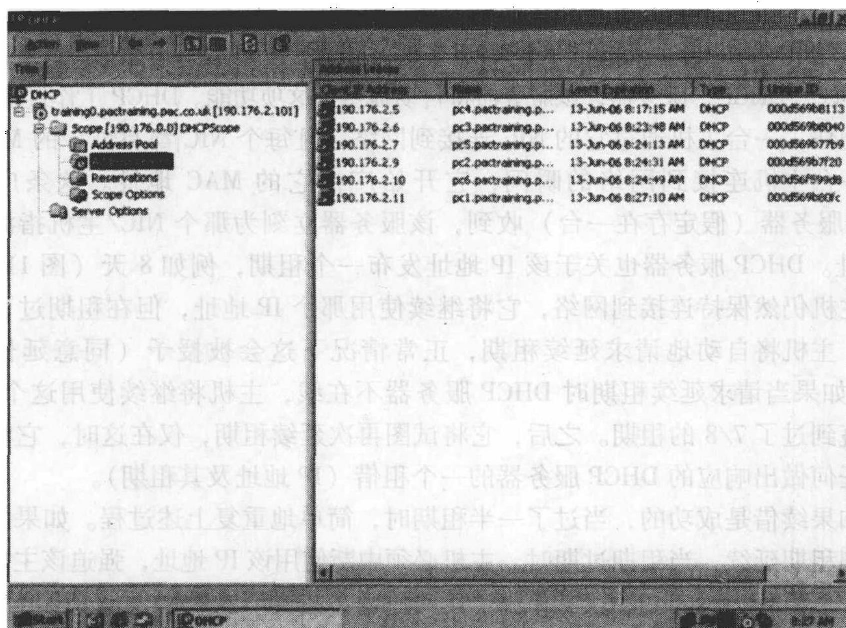
如果续借是成功的，当过了一半租期时，简单地重复上述过程。如果主机不能得到租期延续，当租期过期时，主机必须中断使用该 IP 地址，强迫该主机开始获取一个新 IP 地址的过程。如果由于任何原因，主机不能联系一台 DHCP 服务器以便得到一个新地址的话，在一段短时间之后，它将为自己指派 169.254.0.1 ~ 169.254.255.254 中保留的自动配置的一个 IP 地址。之后主机将每隔 5min 试图联系一台 DHCP 服务器，试图得到对那个网络有效的一个 IP 地址。

一台主机关机时（之后），当重新连接时，它将自动试图延续关机之前拥有的 IP 地址的租期。如果不成功，它将遵循前一段中描述的自动配置过程。

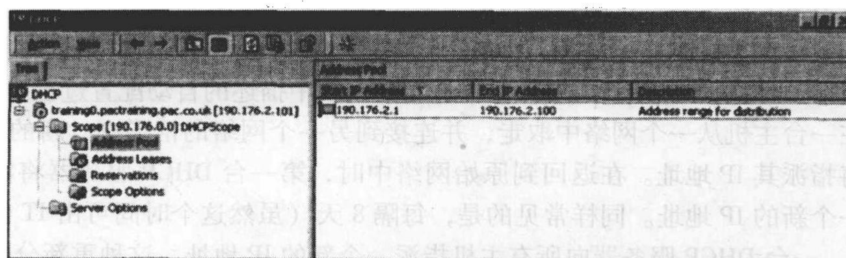
在一台主机从一个网络中取走，并连接到另一个网络的情形中，新的 DHCP 服务将指派其 IP 地址。在返回到原始网络中时，第一台 DHCP 服务器将简单地指派一个新的 IP 地址。同样常见的是，每隔 8 天（虽然这个时间可由 IT 管理员改变），一台 DHCP 服务器向所有主机指派一个新的 IP 地址。这种重新分配的目的是，使服务器确定哪些 IP 地址不再被使用，以便它们可返回到地址池中，以便重新发给另一台新的主机。一个地址可能不再被使用，因为（例如）主机可

能类似是一台便携机的设备，该设备由访问者短期连接使用。对于如 PC 和便携机设备而言，这种每隔 14 天的重新分配不是一个问题，但对于如下设备而言，这可能具有严重的隐含意义，例如 CCTV 摄像机、IP 门禁控制器、IP 报警收集器点等等，我们稍后将看到。

那么，DHCP 服务器如何知道要分配哪个 IP 地址区间呢？这是由网络管理员确定的，由他使用一项服务器应用（例如 Miscrosoft Server 2003）中的 DHCP 屏幕设置 IP 区间。DHCP 地址池的一个截屏如图 11-9b 所示。DHCP 也用来由网络管理员设定子网，如果他们选择使用子网的话。DHCP 服务器也能够管理网关地址、指派 DNS 服务器（见本章后面内容）并执行许多其他任务。



a）DHCP 中的 IP 地址和租期时间（右侧栏给出每台主机的 MAC 地址，这幅特定截屏取自 Microsoft Server 2000）



b）在 DHCP 中设置 IP 地址范围（区间）

图 11-9　DHCP 窗口

11.8　手动指派 IP 地址

前面提到，手动向一个 NIC/主机指派一个 IP 地址是可能的，但为什么我们要费这个事呢？好的，对于安全设备，使用动态 IP 地址的一个问题是这些 IP 地址不得不手动输入到应用软件（用来管理安全设备）中。如使用 CCTV 摄像机的情形中，直到 DHCP 改变摄像机的 IP 地址之前，这都是没有问题的。当改变 IP 地址时，除非运行管理软件的 PC/NVR 能够为每台摄像机解析一个 DNS 名称，否则很可能直接丢失与 IP 摄像机的所有通信。通信是否会真正地丢失，将取决于摄像机为 DNS 提供一个主机名称的能力，DNS 服务器的可用性；或在使用 NetBIOS 的情况下，网络是否已经设置好以便解析主机名称。在可能因 IP 地址改变导致通信故障时，制造商将规定它们的设备使用静态 IP 地址。手动指派 IP 地址称作静态 IP 地址，或有时称作保留 IP 地址。

为了给 IP 摄像机这样的设备指派静态 IP 地址，首先我们需要知道将指派哪个地址。指派已经在使用的一个地址是没有道理的，因为这将直接导致网络上的 IP 冲突，以及摄像机不同通信的故障。在摄像机连接到一个现有 LAN（即，摄像机没有自己的专用网络）的情况下，能够为每台摄像机提供一个 IP 地址的惟一人选是网络管理员。在 DHCP 中的 IP 地址范围可如下设置，使一些地址排除在正常的 DHCP 区间之外。这些被排除的地址可手动指派给要求静态 IP 地址的主机，例如打印服务器、网络打印机和安全设备，后者如 IP 摄像机、门禁控制器等。因为这些地址包括在 DHCP 范围中，它们将仍然可用作 DNS 目的。

下一步是将 IP 地址指派到摄像机，这是带有欺骗性的部分，因为我们不能通过网络使用 TCP/IP 发送地址，原因是摄像机还没有 IP 地址——有点像鸡和蛋的情形。不同制造商对这个问题有不同的解决方案。解决这个问题的最简单方式是当它连接到网络的瞬间从 DHCP 服务器检取一个地址，之后使用专有软件探测网络寻找摄像机。之后摄像机将使用它们的动态 IP 地址应答，在此时任务工程师可使用软件应用程序以静态地址替换动态地址。

采用这种方法的一个缺陷是它假定在网络上存在一个 DHCP 服务器，情况并非总是如此。假定（比如）IP 摄像机将驻留在它们自己的私有 LAN 上，为了协助初始设定就没有必要单独设置一台 DHCP 服务器，原因是这多少有点奢侈。但是，在没有 IP 地址的情况下，任务工程师如何能够与摄像机通信，以便指派静态 IP 地址呢？解决方案是使用 TCP/IP 之外的协议通信。记住每个 NIC 或其他网络设备都具有惟一的 MAC 地址，所以为了指派 IP 地址可先使用这个地址就可以通信了，之后能够使用 TCP/IP 通信。实际上，我们仅在手动地做 DHCP 自动做的事情。

11.9 地址解析协议

这是使用 MAC 地址用于通信的最普遍方法。它是当 NIC 首次连接到网络查找一台 DHCP 服务器时，NIC 发送相同类型的广播，除了在这种情形中，广播是在工程师提示下从管理 PC 发出的。地址解析协议（ARP）执行网络上的许多重要功能，所有这些都超出本书的范围。但是，出于我们的目的，可以将 ARP 广播看作简单的一条消息，该消息在网络上穿行，说“嘿，MAC 地址是 00-20-4A-32-F2-3C 的主机，你的 IP 地址是 192.176.2.13”。因为是一条广播，这条请求会被所有主机听到，但仅具有那个惟一 MAC 地址的主机将更新它的 IP 地址。这如图 11-10 所示，在这个例子中，1 号摄像机将响应。

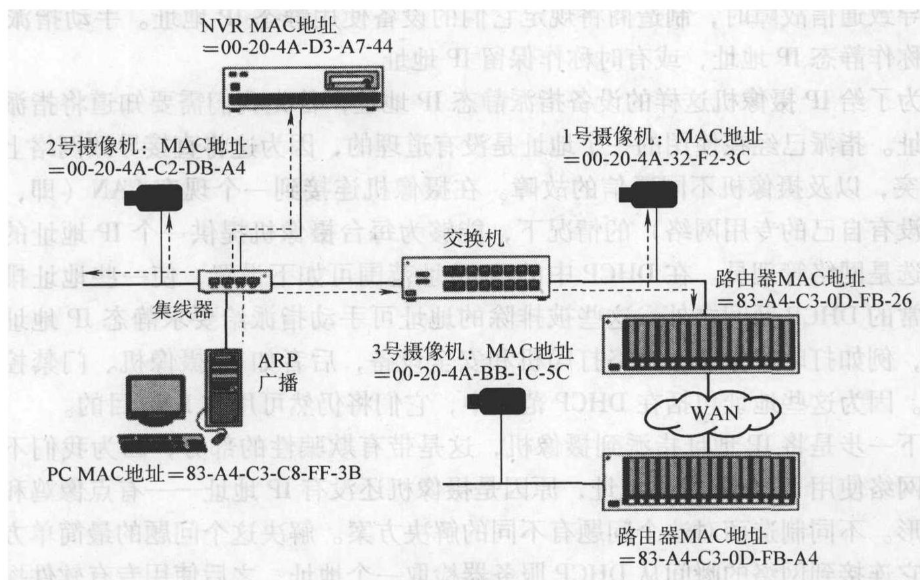
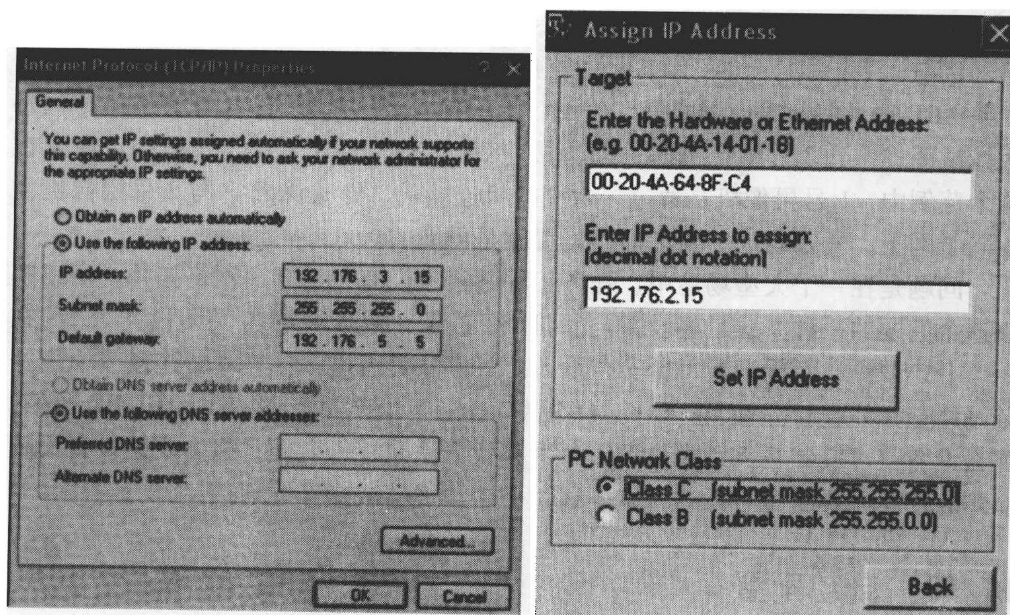


图 11-10 包括一个 NIC 的每台网络设备具有惟一的 MAC（硬件）地址，PC 发出的 ARP 广播将不会通过路由器传出

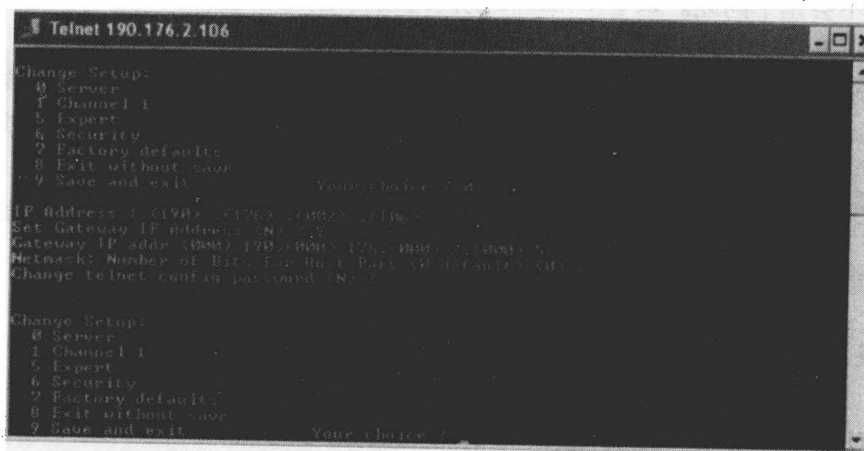
一旦已经建立通信，工程师就可向设备指派 IP 地址。当然，为了将 MAC 地址输入到所使用的应用软件程序（用来执行这项操作）之中，首先需要知道 MAC 地址，这就是为什么 MAC 地址常常写在设备部件上的原因。

实践中，工程师将经常需要比摄像机的 IP 地址更多的东西。记住，工程师正在执行 DHCP 服务器的任务，他也需要指派网关 IP 地址（如果在摄像机和 NVR/管理 PC 之间存在一个网关）以及可能的子网掩码。用于执行这些功能的典型工具的截屏如图 11-11a、图 11-11b 和图 11-11c 所示。



a）在 PC 本身之上设置一个静态 IP 地址（取自 Miscrosoft Windows XP 的 TCP/IP 设置截屏）

b）向一台设备指派一个静态 IP 地址的典型专用工具（正常情况下，这样的工具使用 ARP 广播与远端设备通信）



c）使用 ARP 指派 IP 地址后，用来设置远端网络设备（例如 IP 摄像机）的典型 Telnet 软件工具

图 11-11　网络设置应用软件

当使用如图 11-11b 中所示的应用软件时，可能遇到的一个问题是，因网络路径中存在一台路由器而不可能连接到远端设备。记住初始连接是使用一条

ARP 广播完成的，如我们在本章前面讨论路由器时看到的，路由器将不传递广播（消息）。如图 11-10 所示，其中连接到 00-20-4A-BB-1C-5C（3 号摄像机），一条 ARP 请求将由路由器阻塞。因此，工程师将能够配置 1、2 号摄像机，当每次他试图连接到 3 号摄像机时，都会接收到“不能连接到主机”消息。注意在这个范例中，1 号摄像机是通过一台交换机连接的，这意味着它与 2 号摄像机在相同子网上，所以通过一条广播的配置就是可能的。

问题是在一个大型场地中，任务工程师经常没有办法知道网络拓扑。所以解决这个问题的一种方式是将设备与管理 PC 置于一个局域网内（即设备与 PC 在一个 LAN 内），而预设置每台安全设备。其方法是通过一台集线器连接或使用一条网络交叉线直接连接到 PC 的网络端口。一旦配置并能够使用 TCP/IP 通信，那么设备就可安装在其远端位置。一种替代方法是在一台便携机上安装设备设置应用软件，并本地配置设备，同样通过一台集线器或交叉线连接。

11.10 自动配置

NVR 等更复杂的安全设备经常具有一个操作系统，例如 Microsoft Windows、Windows CE 或 Linux。在这样的情况下，当试图指派静态 IP 地址时，缺少 DHCP 服务器不会是个问题。基于 Windows 的网络设备是如此配置的，使之在试图定位一台 DHCP 服务器数分钟之后，如果没有发现服务器，该设备将自动配置，并在区间 169.254.0.1 到 169.254.255.254 中为自己指派一个保留 IP 地址。只要任务工程师准备在上电之后等待数分钟，等待这个过程的网络连接发生，那么就应该可能使用制造商的设置软件检测设备、记住路由器应该不再呈现任何问题，因为现在通信是通过 TCP/IP 进行的。一旦已经建立通信，那么就应该能够指派静态 IP 地址。

11.11 域名服务

使用 MAC 地址和 IP 地址的一个问题是这些长数字串对人们而言不是非常容易记忆的。例如，每个网站都具有一个 IP 地址，但想象一下试图按使用它们的 IPv4 地址方式记住所有你钟爱的网站名字，以及对于那些使用最新 IPv6 地址的网站名字，这证明是几乎不可能的，原因是它们有 128 位长！

为了使网络成为用户友好的，采用另一种服务器，该服务器查找 IP 地址，并将它们解析为用户友好的域名。这台服务器，称为 DNS 服务器，可独立于 DHCP 服务器，虽然在较小型网络上十分常见的情形是服务器可配置来执行这两种功能。域名是层次化的，顶层名称是熟悉的 . com、. uk、. ac 等等。当设置网

络安全设备时，我们所关心的名称是在层次结构中较低的层次。

每台主机常常由网络管理员给予一个名称，虽然在例如 IP 摄像机等设备的情形中，通常情况下，域名包括某种形式的字母数字 ID，在执行任务过程中工程师可对之进行修改。当 DHCP 服务器向新主机指派 IP 地址时，它也将 DNS 服务器的 IP 地址告诉主机。通常情况下，之后主机将其域名告诉 DNS 服务器，DNS 服务器将这个域名添加到它的 DNS 记录中。现在，当工作在另一台主机上的人打算与那台特定主机（通常通过某种形式的浏览器，例如一个网页浏览器）通信时，最初，那台主机将仅知道这个人键入的域名。因此，它将发出一条 DNS 请求，DNS 服务器将解析（转换）域名为主机的 IP 地址（那个人打算连接的主机）。这意味着用户们能够与用户友好的域名工作，而不是 IP 地址。

再次观察图 11-9a，在那幅截屏中 6 台主机的 DNS 名列在第二栏中。

存在仍然在使用的另一种（较陈旧的）名称解析服务，称为 Windows 互联网命名服务（WINS，Windows Enternet Naming Service）。这项服务设计工作应用在较简单的网络上（像绝大多数的家庭网络），其中没有 DHCP 或 DNS 服务器。一般而言，这些网络使用称为 NetBIOS（也称作 NetBEUI）的一种协议，其设置和管理都很简单。但是，它仅适合于小型网络，因为它不能路由，且就带宽而言，是非常低效的。当 CCTV 摄像机运行在它们自己的私有网络时，就可能使用 NetBIOS，其中存在为域名解析服务采用 WINS 的所有可能性。

注意 WINS 不能在拟连接到 Internet 的任何网络上采用，因为 TCP/IP 依赖 DNS 进行地址解析。另一方面，在一个网络上可同时存在 WINS 和 DNS。

11.12　端口

对于 TCP/IP，一个端口是指这样的一个地址，它定义了被传输数据和源及接收 PC（数据要传送到的地方）上应用之间的关联。为了进行通信，要求有两个端口，一个在源设备上，一个在接收设备上。源端口识别发送数据的应用，而接收端口识别数据到达的应用。每个端口被指派一个数字，其中一些是众所周知的，因为它们与常用应用相关联。例如，web 服务器使用的协议 HTTP（80 端口），一些电子邮件服务器使用称为 POP3 的一种协议（使用 110 端口），FTP 服务器在 21 端口上通信。

IP 摄像机必须利用端口通信，端口号取决于图像是如何提取的。如果使用标准 web 浏览器，那么将通过 80 端口通信，而运行其自身专有软件的 NVR 将具有制造商指派的一个端口。连接到 Internet 的 PC，可能打开了许多端口，这取决于安装的应用程序。所有太过熟悉的病毒、木马、蠕虫、恶意广告软件（adware）等正是通过这些开放的端口进入 PC 的。那些制作这样恼人且经常具备破坏性软

件的人们，可设置他们的 PC “嗅探” 连接到 Internet 的主机，察看是否存在任何开放端口，之后，如果发现一个受害者，就下载作恶（offending）脚本。防火墙用来对抗这种行为，且它们通过关闭除那些绝对需要的端口（例如 80 端口）之外的所有端口而起作用。网络 CCTV 的问题是，在摄像机和 NVR 或其他图像处理设备之间存在防火墙的情况下，连接摄像机是不可能的，因为它们的专用端口已被阻塞。仅有一种方式能解决这个问题，那就是请求管理员在防火墙上开放要求的端口。但是，在多数情形中，他们不乐意做这件事情，因为这将降低他们的网络安全性。

当所有 CCTV 设备都运行在一个局域网上时，不太可能发生防火墙问题，因为没有通过 Internet 连接的需求。但是，越来越多的大型组织想使他们的 CCTV 系统在国内甚至全球范围内联网。当然，通过使用一个 web 浏览器做到这点，应该总是可能的，因为 80 端口总是开放的。但是，图像质量经常不太好，且当 Internet 繁忙时，帧刷新速率可能较低。实际上，Internet 从来没有打算为每个大型组织提供高质量的全球 CCTV 系统，如果采用私有网络连接的话，这样的系统将运行得远为有效得多，但已证明常常这样做的成本是令人望而却步的。

11.13 其他网络协议

虽然在实践中 TCP 和 IP 是最常见的协议，但它们并不是可用于 LAN 或 WAN 上的惟一协议。我们已经看到在 NetBIOS 中另一个协议的范例。这里我们将简短地考察一下用于现代网络上的许多其他协议。

用户数据报协议（UDP，User Datagram Protocol）是所谓的无连接协议。当两台主机使用 TCP 连接时，在它们之间打开一个会话，这意味着直到数据传输结束之前，要维护一条连续的连接。相对而言，当使用 UDP 时，并不创建这样的会话。数据报简单地在网络上发送到接收主机，其中到达时可能是乱序的，且不经过任何错误检查或纠错。

在表面上看来，这听起来都是非常冒险的，但是，它的动作确实取决于被发送数据的重要性，以及当没有收到应答时，应用是否初始化重新发送。例如，DNS 使用 UDP，其中如果数据报丢失，DNS 最后将再次重试。UDP 的优势是减少的数据和增加的速度，这是忽略会话建立和错误检查的一个直接结果。

像 TCP 一样，UDP 使用 IP 发送和接收数据报。

一些 IP 摄像机采用 UDP 是因为网络额外负担明显减少，这对偶然丢失的数据报（实际上，这仅代表一个 TV 帧的非常少量的部分）而言被认为是一项值得的折中。这种摄像机失败的场合是高网络流量时，其中冲突更加普遍，原因是将丢失更多的报文。但此时可能有人争论说，使用 TCP/IP 的摄像机将在这样的时

间过程中会竭力维持图像完整性，实际上这样做所增加的网络额外负担将加重网络流量问题。

文件传输协议（FTP，Tile Transfer Protocol）是 TCP 协议族的组成部分，是在两台主机之间传递文件的一种方法。最初是命令行驱动的（即使用 DOS 窗口），现在为了简化 FTP 的使用已经开发出用户界面的软件应用程序。为了打开 FTP 会话，用户必须知道想连接主机的 IP 地址或域名。这取决于主机设计，在被允许下载或上载文件之前，也许不得不输入一个口令。

虽然一旦建立连接，就在 20 端口上建立第二条 TCP 连接，但 FTP 连接是通过 21 端口进行的，在其上进行实际的数据传输。FTP 连接用于会话过程中命令和控制数据的传递。

Telnet 也是 TCP 协议族的一个组成部分，它是一个虚拟终端服务，允许一名用户连接两台主机，并可以完全控制远端主机。所有鼠标和键盘活动都直接地传递到远端主机，所以可远程打开并运行应用软件。这听起来非常好，但一个缺陷是系统时延，特别当网络繁忙时，其中按键可能需要经过数十秒才能传递过去。当使用 Telnet 时另一项令人沮丧之处是，如果网络繁忙，太长时间地中断会话时，Telnet 会超时。存在执行 Telnet 相同功能的其他专有软件包，但具有非常小的时延，且提供远较可靠的连接。

但是 Telnet 由许多安全系统网络设备制造商用来执行设备设置。使用由制造商提供的一项软件应用程序，在管理 PC 和设备之间建立一条 Telnet 会话，支持如子网掩码和网关 IP 地址等参数的编程设置。这样的一个范例如图 11-11c 所示。

超文本传输协议（HTTP，Hypertext Transfer Protocol）是使用过 web 浏览器的人都熟悉的，即使一些人并不准确地知道它是什么。一个典型的网页由文本、图形和到其他文档或网站的连接混合体组成。HTTP 是管理 web 浏览器和 web 服务器之间通信的一个协议，并确保打开一个被请求的文件夹、连接等。

HTTP 构成全局资源定位符（URL，Universal Resource Locator）的组成部分，例如 http：//www. sitename. com。当考虑 CCTV 网络设备时，URL 可能看起来像 http：//devicename：urlpath 的某种东西。有时 URL 包含 https 而不是 http。“s”表示在两台主机之间必须建立一条加密通信信道，这常常导致弹出框，要求输入一个名字和口令。在如摄像机和 NVR 等设备的情形中，在初始网络连接过程中，口令是在主机之间自动产生的。这就解释了为什么从一个站点拆除的设备，在一个完全不同的站点安装后，不能通信的原因，无论安装工程师作出各种努力都是枉然的。多数设备具有恢复厂家缺省条件的某种方法，以便在新主机之间能够建立起一个新的口令。

简单邮件传输协议（SMTP，Simple Mail Transfer Protocol）专门负责在主机之间发送和接收电子邮件。因为它在 CCTV 网络中并不扮演任何直接角色，所以

我们不再进一步讨论。

11.14 IPv6

在20世纪80年代早期TCP/IP开发之时，没有人能够预测到Internet史无前例的增长以及如今拥有的网络主机数量。虽然其原始理念是使大量计算机在网络上通信，但如今我们希望具有大量的其他设备，例如PDA、移动电话、所有类型的无线网络设备，制造可管理的设备和家用电器（例如电冰箱和加热器/空调），这里仅列举一些。对网络接入需求的爆炸使我们知道IPv4地址严重短缺，IPv4地址至多仅可提供2^{32}（大约40亿）个IP地址。

这个问题不仅是IP地址的短缺。随着网络规模在全球范围的增长，由于维护有关网络信息所要求路由表规模巨大，IPv4系统正变得效率低下。

为了满足未来对IP地址的需求，人们研究开发了IPv6。IPv4地址由4×8位=32位组成，与之不同的是IPv6地址由8×16位=128位组成，这提供了2^{128}（超过340（10亿）^{4}）个不同IP地址。其基本原理是，在地球上生活着大约60亿人，那么每个人可拥有约56（10亿）^{3}个不同的IP地址可用于它们自身的个人网络设备器件，所以我们应该很长时间会拥有足够的地址可用！

IPv6地址看起来一点不像人们熟悉的IPv4地址。具有8组4位16比特（16进制）数字，由冒号分割，IPv6地址看起来像这样：

6AF4：0230：0051：0000：0000：0000：2D7A：437C

为了方便书写和输入这些地址，应用一些规则以便缩短地址。首先，没有必要显示每组中的前导零，所以上面的地址可写为：

6AF4：0230：0051：0：0：0：2D7A：437C

第二，包含所有零的一组或组串可由一个双冒号替换。所以现在上面的地址可写为：

6AF4：0230：0051：2D7A：437C

对于第二条规则有一个限制，这就是地址仅能包括一个双冒号。在包括两个或多个分离的零组的一个地址中，仅可去除一个组。

从IPv4转换到IPv6不是件简单的事情，将需要数年时间才能实现。在转换过程中，硬件必须能够在任何一种网络上运行，以便将支持IPv6的设备引入到现有IPv4网络上。

11.15 网络诊断

当主机不能在网络上通信时，可能存在许多原因，逻辑上要排除每种可能

性，直到准确地找到原因，这是工程师的责任。但是，只有进行正确的测试时，逻辑故障诊断才是可能的，但不幸的是，在解决网络上的通信问题方面，万用表和示波器几乎没有用途。有适用的网络诊断工具，但这些工具更可能为专业网络工程师使用，而不是为安全系统工程师所使用。当后者进行网络诊断时，主要关注的首先是电路故障诊断。这类故障诊断所需的工具由 PC 提供，而不是工具箱。

开始动手检查时，不要忘记检查最明显的问题。例如，如果 IP 摄像机不能连接到它的主机 PC、NVR 或 MUX，检查这样的问题，如是否已经给摄像机指派了 IP 地址？指派给摄像机的 IP 地址正在被另一台设备使用吗？摄像机和 RJ45 插槽之间的接插线是正确地连线而不是交叉错连吗？RJ45 插槽实际上连接到网络了吗？

除了进行外观检查之外，这些问题也可使用 PING（报文互连探查器）工具进行检查。正常情况下，PING 是从命令行执行的（即在 DOS 窗口中），它提供一种简单的测试方法，即是否可能到达网络上的一台特定主机并从那台主机得到一条应答。当执行 PING 时，PC 简单地在网络上发出一条消息，说“主机某某，你在吗？”。如果消息到达设备，该设备将试图发回一条应答，之后将在 PC 上显示。如果接收到一条应答，它就确信 PC 和存在问题的主机之间的所有硬件和连接都是良好的，主机能够在网络上通信，且 IP 地址在那个网络上是有效的。

为了执行 PING 命令，你必须首先打开 DOS 窗口，这个窗口常常从底部工具条的 Start（开始）按钮执行（假定操作系统是 Microsoft Windows 95 或更高版本）。从 Start 菜单，选择 Run 选项，对于 Windows 2000 或 Windows XP，键入“cmd”（对于 Windows 95/98，键入“command”）——DOS 窗口应该打开，闪烁光标在 cmd 提示符处。在这个提示符处，输入“ping”，之后输入正在寻找设备的 IP 地址或主机名——在这个情形中是存在问题的摄像机。一个典型的 ping 命令如下：

ping 192. 176. 5. 10

按下 Enter（回车）键数秒钟之后，将得到一条响应。如果设备是在线的，在窗口中的响应如下：

pinging 192. 176. 5. 10 with 32 bytes of data:
Reply from 192. 176. 5. 10: bytes = 32 time = 10ms TTL = 128
Reply from 192. 176. 5. 10: bytes = 32 time = 10ms TTL = 128
Reply from 192. 176. 5. 10: bytes = 32 time = 10ms TTL = 128
Reply from 192. 176. 5. 10: bytes = 32 time = 10ms TTL = 128

如果设备不存在，响应为“Request timed out”。记住，在其他事情之外，如果你

正在试图确认是否有两台设备共享相同 IP 地址，那么则断开存在问题的 CCTV 摄像机，并重新执行 Ping 命令。如果现在你得到一条响应，就知道了你被分配了已经在使用的一个 IP 地址。这样系统管理员将需要为你提供另一个地址。当没有接收到应答时，另一种可能是网络管理员在其网络上已经禁止（抑制）ping 命令。问问他，或试探 ping 一个已知正在工作的主机。

找出有关 PC 或基于 PC 的 DVR（它使用一种 Microsoft Windows 操作系统）信息的另一个有用工具是 ipconfig 程序。在基本命令之上有许多变化，称为开关（选项）。但是，在命令行简单地输入"ipconfig"将揭示 PC 的 IP 地址、它的子网掩码和缺省网关 IP 地址（如果存在一个缺省网关的话）。一条典型的响应如图 11-12a 所示。

"/all"开关提供了运行此命令的 PC 的更多信息。如图 11-12b 中所示，除了产生关于"ipconfig"的信息之外，现在我们能看到物理（MAC）地址，DHCP 配置，DHCP 的 IP 地址和 DNS 服务器的 IP 地址，以及 DHCP 指派 IP 地址的过期日期。这条命令是通过在命令行输入"ipconfig/all"得以执行的。

```
C:\WINDOWS\System32\cmd.exe
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\>ipconfig

Windows IP Configuration

Ethernet adapter Local Area Connection 6:

        Connection-specific DNS Suffix  . : Belkin
        IP Address. . . . . . . . . . . . : 192.168.2.2
        Subnet Mask . . . . . . . . . . . : 255.255.255.0
        Default Gateway . . . . . . . . . : 192.168.2.1
```

a）在 PC 上对 ipconfig 的典型响应

b）对 ipconfig/all 的典型响应

图 11-12　ipconfig 程序

可与“ipconfig”一起使用的其他两个开关是“/release”和“/renew”。如果你仅将 PC 的 IP 地址配置从静态改变为动态配置（见图 11-11a），这些会是非常有帮助的。指派动态地址之后，直到重新启动之前，PC 可能看不到新的地址，两者会用掉一些时间。在命令行输入“ipconfig/release”，就强制 PC 释放现有任何 IP 地址。之后如果你接着输入“ipconfig/renew”，PC 将寻找新的（动态的）IP 地址。

traceroute 程序可用来发现从一台 PC 到网络上另一台主机的路径，不管是本地的或在网络上的。在命令行输入“tracert”，就会产生一个路由器的列表（包括每台路由器的 IP 地址），就是为了到达一台特定主机，TCP/IP 报文所通过的各个路由器。它也显示出报文通过每台路由器所用时间（以毫秒表示）。在图 11-13 中给出一个范例，其中显示出到 www. pactechinfo. co. uk 的 web 服务器的路径。跟踪揭示出报文在第一跳之后通过了 12 台路由器，如我们从图 11-12b 中得到的信息看出，第一跳不是一台路由器的 IP 地址，而是本地 DNS 服务器的地址。

```
Command Prompt
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\>tracert www.pactechinfo.co.uk

Tracing route to pactechinfo.co.uk [83.170.69.95]
over a maximum of 30 hops:

  1     1 ms     1 ms     1 ms  192.168.2.1
  2     9 ms     8 ms     9 ms  10.18.32.1
  3    28 ms     8 ms    18 ms  [illegible]
  4    11 ms    11 ms    37 ms  [illegible]
  5    10 ms    16 ms     9 ms  [illegible]
  6    10 ms    11 ms    11 ms  [illegible]
  7    24 ms    11 ms    10 ms  [illegible]
  8    46 ms    14 ms    13 ms  [illegible]
  9    12 ms    16 ms    48 ms  [illegible]
 10    16 ms    10 ms    16 ms  [illegible]
 11    17 ms    18 ms    16 ms  [illegible]
 12    16 ms    26 ms    19 ms  [illegible]

Trace complete.

C:\>_
```

图 11-13 tracert 命令的典型响应（在这种情形中，跟踪到的是从一台 PC 到名为 www. pactechinfo. co. uk 的网站路径）

在本章前面，我们看到为了从一台主机控制另一台主机，如何使用 Telnet 连接两台主机。但是，你也可使用这个程序测试网络上任何端口的连接性，这会证明在如下方面是有用的，即检查一台主机是否能够通过一个特定端口做出响应。在 Windows XP 的 run 选项中输入“telnet”，就可以打开一个 Telnet 会话。在命令行输入“help”，显示在这一程序内部所有功能的一个列表，以及执行方法。为了在主机上进行端口测试，输入“open hostname/ipaddress [port number]”。

例如，输入“open 192.176.2.2 [23]”将在具有那个IP地址的主机的23端口上创建一个会话。明显地，如果CCTV摄像机的主机名或IP地址以及那台摄像机使用的端口号是已知的，那么就可以检查那台摄像机是否在那个端口上通信。应该指出的是，如果连接是成功的，屏幕上将不显示消息。但是，如果连接不成功，那么将显示一条“Connection failed”（连接失败）消息。

与IP摄像机的通信故障当然可能是由于像管理PC有缺陷或接口卡网络设置不正确这样简单的问题。在PC连接到主网络的情形中，验证是否是此类情况的方法很简单。方法是直接试着连接到另一台主机，例如一台本地文件服务器或一台众所周知的（因此是可靠的）Internet站点。但是，CCTV系统运行在其自身专有网络，没有到其他LAN/WAN连接，这样必须找到另一种方式测试NIC功能和网络设置。这样的一种测试是软件回环测试，它是通过在命令行输入保留IP地址127.0.0.1来执行的。这项测试并不实际产生任何网络流量，但是，响应（见图11-14）确实确认NIC是正常运行的。

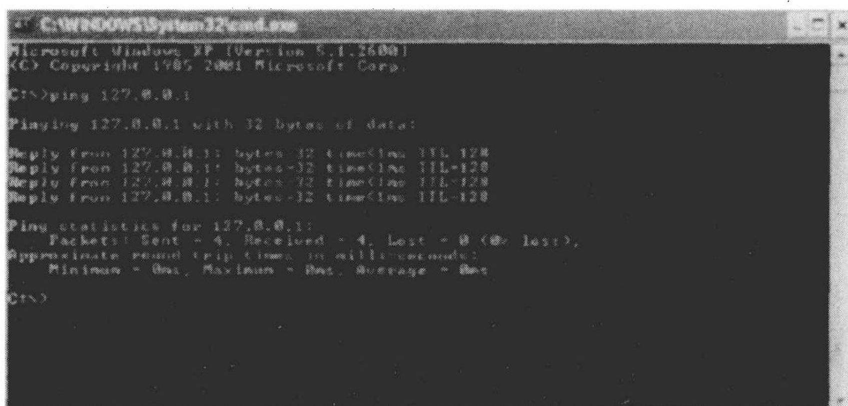


图11-14 ping 127.0.0.1产生类似于任何其他ping的响应（但是，这些响应是来自于主机自身的网络接口卡）

11.16 网络上的CCTV配置

在本书第2章我们讨论了网络布线，研究了不同线缆种类可用的带宽和比特率，以及可能降低那些带宽的外部因素。在本书第5章，我们考察了视频压缩技术，并看到可以减小每幅图像帧的文件尺寸以便提高网络上的传输效率，以及降低数字录制设备要求的存储容量。我们也看到由于解压缩编码的能力不足以恢复所有丢失信息情况下，过度的压缩会导致较差的图像质量。在本书第8章，我们考察了数字录制以及可用于视频信息存储、检索、下载和归档的不同选项。现在

我们已经考察了联网的基本知识并理解设备是如何在一个网络上进行通信的，那么我们就能够将所有这些因素放在一起，并考虑使用一个网络传输数字视频信号的可行性。

将网络用于 CCTV（确实对安全报警和门禁控制系统而言更是如此）的隐含内容是很多的。如果场所已经安装了结构化布线，或可以利用现有的网络用于 CCTV 的情况下，就减少线缆的安装，极大地简化了安装过程。进而，通过利用网络，我们可以在全球任意地点设置远程管理系统。但是我们不能且一定不要忽略实际中需要考虑的因素。

首先，带宽问题。即使是压缩的视频信号也需要相对较大的网络带宽，且我们放置在网络上的摄像机越多，则要求的带宽将越大。但是，了解网络上是否有足够的带宽来处理视频流量，并不总是一个简单的问题。如果摄像机运行在已经有大量网络主机的现有 LAN 上时，我们必须考虑可用带宽的问题。在网络已经运行在几乎满容量的情况下，仅添加一台摄像机就将之超过顶点，导致一些设备连接断续丢失，网络缓慢，图像凝滞在 CCTV 摄像机上等。在像这些的情况中，可能不只是摄像机掉线了，而且其他设备，例如 PC、打印机、扫描仪等，甚至更重要的服务器也掉线了。这时，经常为这个问题受到谴责的是 CCTV 工程师，因为毕竟原来网络运行良好，直到摄像机添加到网络上时（才出现问题）！

作为一条通用规则，当考虑在现有网络上使用 IP 摄像机时，指标制定者或工程师必须首先确认现有网络的局限性并询问像这样的问题：网络上可用带宽有多大？在高峰时间，例如早晨和傍晚，当每个人都登陆网络或登出之时，可用带宽有多大？（记住，如果网络上存在一个 IP 门禁控制系统，这些时间也将表示门禁控制的峰值流量时间，因为每个人都正在刷卡进入或离开建筑物）将需要多少台摄像机？用户要求什么样的图像质量？用户要求来自每台摄像机的帧刷新速率是多少？对于这样的图像质量和帧速率，每台摄像机的带宽要求是多大？最后，迄今为止网络运行的情况如何？在试图将你的 CCTV 系统连接到一个现有网络之前，谨慎地找出是否存在周期性通信问题的历史，否则你可能发现你自己要试图解决与 CCTV 安装根本无关的问题。

对于较大型的 IP CCTV 系统，感觉到现有网络可能无法支持系统的情况下，非常常见的作法是安装专有网络，专门用于 CCTV 系统（以及可能的其他安全系统，例如入侵者和门禁控制）。在这些环境中，经常需要安装新的线缆（除非在网络线缆束中空余的量足够用），但至少 CCTV 系统安装人员保留对 CCTV IP 网络的完全控制。他不必担心 IT 部门改变子网掩码，在网络之间加入防火墙，改变网络安全以致不能够对管理 PC 做出改变，或加入另一个要求带宽的应用，例如 IP 上的话音（IP 电话）。

当然，对 CCTV 系统配备一个私有网络并不意味着从网络的其他部分或甚至世界各处不能观看图像。CCTV 网络仍然可通过网桥、交换机或路由器，连接到另一个 LAN，使用合适的软件和一个口令，用户不仅能够观看 CCTV 图像，而且可以与系统交互，转动摄像机，从 NVR 流化视频等。

11.17 网络 CCTV 范例

典型的网络 CCTV 系统如图 11-15 所示。在这个范例中，CCTV 系统具有其

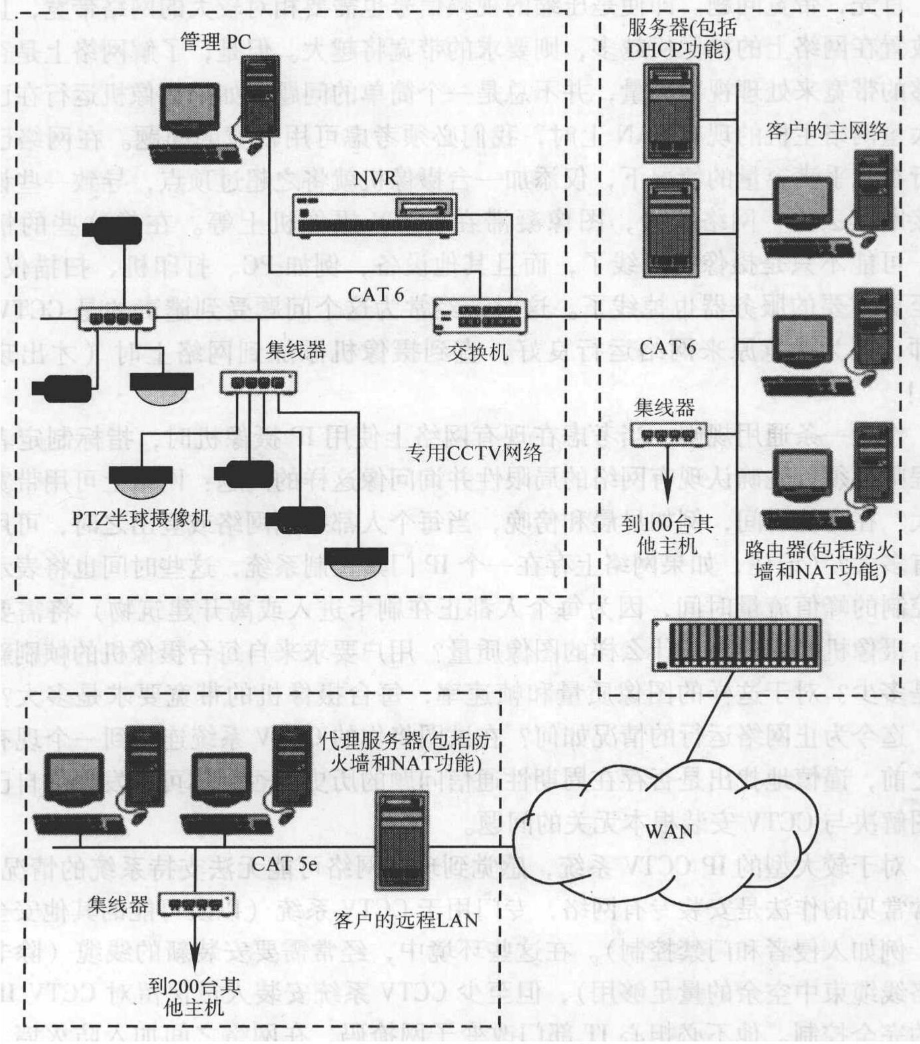


图 11-15 CCTV 网络范例，通过一台网络交换机连接到一个现有网络

自身私有的 CAT 6 LAN 的奢华配置。在网络上仅有 7 台摄像机，前提是网络安装要符合 CAT 6 标准，则系统将非常高效地运行。NVR 将持续地录制来自 7 台摄像机的流化图像，同时将那些图像转发到管理 PC，该 PC 同时作为主要的观察监视器。LAN 上仅有的其他网络流量将是管理 PC 和 3 台 PTZ 球形摄像机之间的遥测数据。

网络视频录像机像任何其他网络设备一样工作，将具有其 MAC 地址，一般也有指派给它的静态 IP 地址，通过一个 NIC 连接到网络，且使用 TCP 或 UDP 执行数据传输。绝大多数时间，NVR 简单地录制来自网络上 IP 摄像机的数据（视频图像），虽然它也可向一台或多台观察监视器提供复用图像的一个流，但这取决于 CCTV 系统的运行要求。

在我们的范例中，如果使用内置了运动检测功能的摄像机，网络流量就可减少。在这种情形中，预设时间内观察区域内部如果没有物体运动，摄像机将不通过网络发送图像。但是，对于在 NVR 系统中使用运动检测，这确实具有一项劣势，其中当发生警报事件时，NVR 不能保留警报事件之前的图像信息，原因是摄像机没有传输这些图像。

网络 CCTV 的一项主要优势是可从世界任何地方观看图像，前提是存在合适的网络连接。访问图像有许多种方法，但并不是所有这些方法在所有场合中都适用。再次观察如图 11-15 所示范例，假定知道每台摄像机的 IP 地址，则用户将能够从局域网络上的任何一台 PC 处使用标准 web 浏览器，观看任何摄像机图像。另外，在一台 PC 上安装合适的制造商软件情况下，用户不仅能够观看图像，而且实际上可控制 PTZ 球形摄像机。另一种方法将是访问 NVR，并将对任何摄像机最近录制的图像进行流化，因此实际上，在不必知道每台摄像机的情况下，可观看近乎实况的图像。

在 LAN（即如图 11-15 所示的范例中通过网络交换机）上流化图像的缺陷可能是：首先，呈现于观看监视器上的图像是以比在 NVR 上直接观看要高得多的压缩状态显示的；其次，如果在用户的主网络上存在大量网络流量，帧刷新速率可能极其低下，原因是接收构建每帧需要的数据报文所用的时间很长。

如图 11-15 所示，主网络包括一台 DHCP 服务器。当 IP 摄像机连接到 CCTV 网络时向它指派一个动态 IP 地址，这种情形会简化 IP 摄像机的初始配置。一旦指派一个动态 IP 地址，手动指派一个静态 IP 地址就是一件简单任务，原因是摄像机能够使用 TCP/IP 通信。在没有 DHCP 服务器的情况下，摄像机将不能得到一个 IP 地址，手动指派一个地址的惟一方式将是使用 ARP 命令，直接配置或通过如图 11-11b 所示的应用软件程序进行配置。

注意，如果将交换机改成路由器，摄像机将不能从 DHCP 服务器得到一个 IP 地址，因为除非设置路由器可以这样做，否则 DHCP 将不能通过路由器工作。

回忆一下 DHCP 是如何操作的。IP 摄像机连接到 CCTV 网络时，它将广播它的 MAC 地址，希望 DHCP 服务器会收到广播，并之后指派一个动态 IP 地址。但是，路由器将阻止广播，所以 DHCP 服务将不会收到这条广播。为了让 DHCP 能够正常工作，将路由器设置成允许 MAC 广播是可能的，但如果网络管理员没有这样做的话，将不得不使用 ARP 命令指派 IP 摄像机的静态 IP 地址，甚至当在一个临近网络存在 DHCP 服务器时也如此。

克服 DHCP 被路由器阻塞问题的另一种方法是在 CCTV 网络上安装中继代理。这个设备代表其网络上的主机，使用 TCP/IP 与 DHCP 服务器通信，并请求 IP 地址和租期。所以，DHCP 服务仍然发出 IP 地址和租期，但它通过路由器完成这件事情，使用 TCP/IP 将 IP 地址和租期发送，不是直接发送到主机，而是发送到中继代理。

图 11-15 所示的范例包括通过 WAN 到另一个 LAN（由同一个用户拥有并管理）的一条连接。使用 NAT 设备连接这两个 LAN，正如预料的情形，这些设备可包括防火墙。要指出的是，远端 LAN 是 CAT 5e 型的，它的速度将远远慢于 CAT 6 局域网，这不仅是因为其较低的指标，而且因为 CAT 5e LAN 上驻留的主机数量。

如要观看在远端 LAN 上的 CCTV 图像，证明可能是存在问题的。虽然在实践中当所有设备都正确配置时，这常常是可能的。首先，当从本地 LAN 观看图像时，最简单的方法是使用 web 浏览器连接到 NVR，但与 CCTV 网络的连接上存在问题。但是，由于路由器和代理服务器，以及 CAT 5e LAN 较狭窄带宽和较低速度的影响，系统中会有更大量的时延。

从远端 LAN 使用制造商的专有软件连接到 NVR，将几乎确信是不可能的，原因是其端口将被两边的防火墙阻塞。失去这个选项意味着用户将不能从远端 LAN 操作 PTZ 球形摄像机。只有使 IT 管理员在两边的防火墙上打开 NVR 所使用的端口，这种通信方法才可行。但是有很好的借口让 IT 管理员常常不乐意做这件事情，因为这将使网络应对攻击更加脆弱。

11.18 集成模拟摄像机

图 11-15 所示的范例假定，每台摄像机都是网络摄像机，这在新近安装工程中，情形可能是这样。但是，在可预见的将来，将存在维护现有模拟摄像机并将它们集成到网络 CCTV 系统中的要求。

一种可能是采用一台 NVR，它能接入模拟输入和网络摄像机，只要模拟输入终结在 NVR 所在的房间，并且没有哪个摄像机位置要求遥测控制，这种方法是可以的。

一种替代方案是在模拟信号通过 LAN 或 WAN 传输之前，使用设备将之数字化并压缩。这一原理如图 11-16 所示，图中画出的是一台四路视频服务器。通过在模拟摄像机附近的位置将摄像机与网络相连接，服务器就可简化集成模拟和网络系统的任务。这也意味着同轴线缆长度的大幅减少，这接下来应该可以改进图像质量。

图 11-16 所示的视频服务器可以有不同形式，其种类包括从单模拟输入设备（实际上可位于摄像机壳内部）到大型机架安装阵列。机架安装阵列将更可能位于控制室，这失去了减少同轴线缆长度的优势。尽管如此，现有模拟摄像机仍然可在网络上访问，且可能从一个更广域范围访问到。典型的机架采用独立的四路服务器，这使系统是完全可扩展的。每台独立服务器具有其自身的 RJ 45 网络连接器，这意味着为了将每台这样的服务器连接到 LAN，也将需要一台网络交换机。

图 11-16 所示说明了采用视频服务器的另一项优势，即 PTZ 遥测控制信号可通过以太网传输，通过服务器，并通过它们的同轴连接传递到任何 PTZ 或球形摄像机。为了做到这一点，必须使用具有遥测控制能力的服务器。且为了产生正确的协议，它必须安装合适的驱动。在多数情形中，绝大多数流行 PTZ/球形摄像机的驱动是可得到的，且需要的驱动可从管理 PC 下载到服务器。

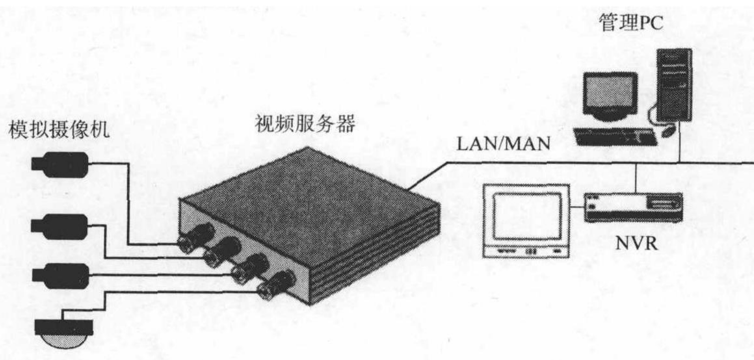


图 11-16　将四路独立模拟视频信号转换为 TCP/IP 网络信号的四路视频服务器

11.19　小结

在本章我们详细讨论了以太网的基本工作原理。无论从哪个方面看，我们都不能希望在这样一章中就能涵盖这个专题的细节，多数网络教材可至少有 5cm 厚啊！但是，我们所做的，是将关注焦点放在特别与安全系统工程师有关的问题

上。这些工程师必须安装并设置网络安全设备，例如 IP 摄像机、报警收集器点、门禁控制器和类似的设备。

无论从哪方面看，网络 CCTV 都不会在短期内替换模拟系统，在可预见的将来这两种技术都有其固定角色。不过，安全系统工程师忽略网络技术也许是短视的，这正像速写打字员忽略字处理器的出现一样短视。随着网络性能和技术继续提升，一般而言，安全系统将继续利用网络的更多优势。网络 CCTV 图像将继续改进，帧刷新速率将变得更快，甚至在峰值网络流量周期时间也是这样，且更可靠的方法将产生用于在网络上提取和归档视频证据。由于所有这些原因，安全系统工程师掌握网络技术就是必须的，正像它们必须掌握 PC 硬件和 Microsoft Windows 操作系统一样。

第12章 辅助设备

到此为止，我们已经介绍了CCTV系统中的各种主要组件，分析了它们的工作原理、功能、技术中的变化、设置和调节方法，并识别出典型的故障特征和原因。在本章我们将介绍CCTV系统中的一些组件，虽然有时它们看起来有些陈旧（例行公事），不过它们仍然扮演着重要角色。

12.1 摄像机安装

CCTV摄像机是昂贵、精细的设备，在许多情况下需要进行防护以便不会受环境、破坏者、偷窃或这些威胁组合在一起形成的影响。存在各种保护性的安装方法，针对任何给定应用的安装方法选项取决于如下因素：要求保护的程度、摄像机尺寸、美观要求、安装地点以及是隐蔽的安装还是公开的安装等。

摄像机安装的最简单方式是墙架方式，这样虽然不能提供针对任何威胁的防护能力，但在威胁最小的室内地点，托架还是提供了固定摄像机的一种有效的和廉价的方法。所有摄像机都有标准的安装方法，这多少简化了托架的选择问题，剩下考虑的惟一一点就是摄像机的长度和重量。由于明显的原因，重量是一个重要因素，但必须考虑的不仅是托架的负载承受能力——固定托架的表面的承重条件也必须考虑在内。例如，将一台室内摄像机固定在薄石膏灰泥板表面，建议采用一种系墙螺栓或重力螺栓固定方式。但是，不是所有的室内托架都具有这样的安装孔，大到可装配这样的固定器件。当选择托架时，摄像机的长度必须考虑在内，为的是确保在摄像机后面留有足够的空间，不仅能够允许设定摄像机角度时进行自由转动，而且为允许布线提供足够的空间。

一些室内和室外托架，配有一个线缆安排装置，在这里视频和电源线可穿过托架。在线缆容易受到破坏或恶意攻击的情况下，这是一个重要特征，且这个特征也增进了安装的美观程度。

当为摄像机选择合适的外壳时，工程师应该考虑如下因素，例如室内或室外用途、摄像机尺寸、装配和拆卸外罩的方法、清洗/擦拭和加热器（heater）的要求、公开或隐蔽设计以及受攻击的风险程度（例如，应该使用防破坏型号吗?）以及是否存在任何人类工程学要求。传统的外壳设计将一个加长的壳体与P/T安装件或墙壁安装托架的选件结合在一起，也许还包括一体化的线缆管理（management）能力。金属外层应该采用电镀、氧化或涂敷一层防风雨漆以防

止生锈。在外罩内部有一个支架底板，将摄像机固定在其上。对于用在主干线电压工作的摄像机的外罩，在组件的后部配有电源端子（termination）。当在较冷天气使用时，室外单元应该具有温控制加热器，为的是防止前面玻璃和镜头的模糊不清。这些加热器常常采用一个 15～20W 绕线电阻与一个热敏电阻串联连接到主干线供电电压的形式。对于防破坏型号，前部玻璃是防碎的。

壳体具有一些形式的开孔，以进行摄像机安装和之后的维护工作，这方面存在许多设计趋势。对于较大型外罩，一般而言顶盖由夹子（clips）固定在原位，提起时可操作，这为操作大型摄像机/镜头组装留下了富裕的空间。可能遇到的一个问题是，一旦拆除外罩顶盖，将顶罩置于何处。如果工作在一个液压平台上，应该有空间将它放在底板上，但如果仅要求工程师使用梯子执行一项简单操作（高空作业时，一般英国法规不允许这样做）的情况下，那么抓住一个大型外罩可能就会成为一个问题。在一些情形中，制造商为这种可能性提供了解决方法，即在顶盖和外罩底部之间装配一条钢丝线，从而允许从组装中拆卸顶盖时将它悬挂在下面。

较小型的外罩设计各种各样，但其中一些对于某些安装来说可能证明是存在问题的。例如，在一些情形中，摄像机固定在一块底板上，之后底板插入到外罩的后部。理论上而言，工程师应该能够转动外罩，为这项操作提供空间，但并不总是如此。而且，一旦安装之后，工程师对镜头和后焦点进行调节也是非常困难的。其他的设计中顶盖可以滑开和关闭，在一些情况下，这同样有时不是一项简单的操作。对于多数情形，外壳顶盖的最好形式是顶盖有铰链的，或移开并可悬挂在安全线缆的情形。对于要求较高的安全环境，摄像机可能被非授权人员接触到的情况下，使用防破坏螺钉固定顶盖是一种可行选择。

另一项设计特征是提供一块遮阳板。阳光直射镜头可能导致虹膜缩小，产生非常暗的图像，或在镜头内部产生多次反射，这会在图像上产生不期望的光色带或光晕效应。类似地，当阳光直接落在前部玻璃上时，不期望的光晕或亮斑会出现在图像上。为了去除这些问题，室外外罩应该装配某种形式的遮阳板。通常来说，这就形成顶盖，并为顶部和前部玻璃提供了防护。

决定选用室外外罩的另一项因素是是否需要配备一个擦拭器，因为不是所有外罩设备都装配这个部件。擦拭器和相关电动机经常被制造商确定为可选件，允许安装人员仅当感觉必要时才使用，因此降低了安装成本。当考虑安装擦拭器的成本时，重要的是要记住，其中不仅必须包括擦拭器硬件的成本，而且包括所提供的控制电动机遥测的成本。对于全功能摄像机，这不会是一个问题，因为遥测控制已经存在。但是，对于固定摄像机，不需要遥测控制的情形中，擦拭器加上遥测控制的附加成本将显著地提高摄像机整体的安装成本。要提出这样的问题：那台特定摄像机真的需要擦拭器的设备吗？

清洗设备可安装于存在大量尘土或灰尘的摄像机地点，但关于这点必须仔细考虑。将有必要在靠近摄像机的位置装配一个蓄水器，并且水不会被污染（tamper with）。在如图 12-1 所示的范例中，蓄水器装配在摄像机架的基座中，但在摄像机装配在墙壁上的情况下，这样就行不通了。设计在摄像机头位置的清洗蓄水器是存在的，但在许多情形中，重新注满蓄水器是非常困难的。在墙壁装配的安装情形中，一些安装人员试图将蓄水器安装在建筑物屋顶，但是，因为它高于出水管，水容易因为虹吸作用而损失掉。在绝大多数情形中，清洗设备不是很重要，因为良好维护的擦拭器就能够处理尘土和灰尘的轻微沉淀，这经常外加雨水的辅助作用。

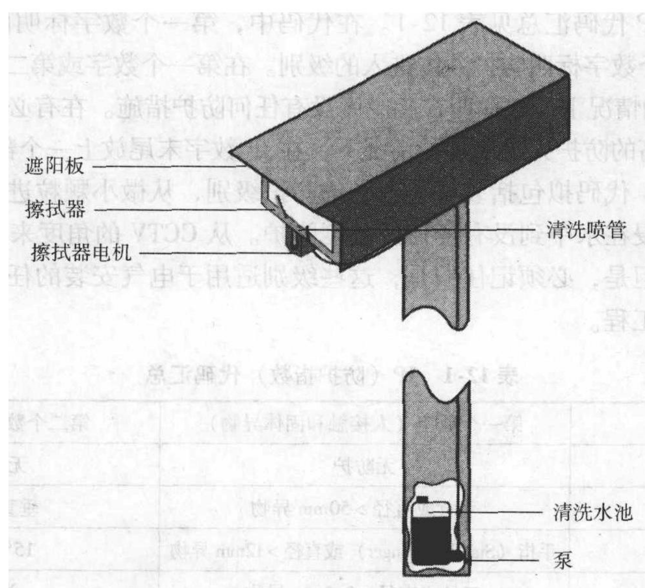


图 12-1　室外外罩包括的常见功能，例如清洗、擦拭和遮阳板

球形外罩已经快速地取代了如图 12-1 中所示的传统的固定和摆动/倾斜（P/T）外罩，部分地因为从美学角度来说它是更加令人愉悦的，但也因为固定型号的球形机能提供 360°摄像机定位，以及供电型号比传统的型号提供更快速的 360°摆动运动（这在本书第 10 章已介绍过）。当在室外使用时，球形外罩的另一项优势是免除了风造成的拉力的所有问题，如我们稍后将看到的，这个拉力会影响安装在 P/T 单元上的外罩。与传统设计相比较而言，室外球形外罩也许有一个缺陷是，在本书撰写之时，除了长柄扫帚之外，没有人提出清洗/擦拭机械的一种有效设计！在特别脏的环境中，应该认真考虑这个问题，因为在摄像机不容易拆卸的情况下，缺少擦拭设备可能意味着由于球形罩上灰尘的溅污，图像会很快就变得模糊。

在期望不暴露摄像机指向方向的情况下，球形外罩是特别有用的。通过以铬或铝覆盖球形外罩，或通过采用一种模糊的外罩，可以隐藏摄像机。使用这种外罩的缺陷是会降低光输入——使用涂层外罩的情形中至多有两个 F-挡，在使用模糊外罩的情形中至多有一个 F-挡。一个更大的缺陷是球形外罩的弯曲部分将不可避免地引入光学角度扭曲，在一些情形中这可能是非常显著的。当选择使用球形外罩时，应该考虑光衰减和光扭曲问题。

虽然一些摄像机外罩制造商简单地声明它们生产的设备单元的应用目的，但绝大多数都采用 BS EN 60529：1992 标准，这指定了电器工业中确定外包装形式的正确形式。外包装提供的保护等级由称为保护指数（IP，Index of Protection）的级别标明。IP 代码汇总见表 12-1。在代码中，第一个数字标明防护固体进入的级别，第二个数字标明防护液体进入的级别。在第一个数字或第二个数字位置出现一个“X”的情况下，这标明在相应区没有任何防护措施。在有必要标明比第一个数字提供要高的防护人类级别的情况下，在 IP 数字末尾放上一个额外的字母。

如表所示，代码拟包括多种类范围的防护级别，从微小颗粒进入到整个人体进入，从完全浸在水中到没有任何的湿度防护。从 CCTV 的角度来看，这看来多少有些极端。但是，必须记住的是，这些级别适用于电气安装的任何容器，其中包括高压安装工程。

表 12-1 IP（防护指数）代码汇总

IP 号码	第一个数字（人接触和固体异物）	第二个数字（液体）
0	无防护	无防护
1	手背或直径 >50mm 异物	垂直滴水
2	手指（Standard Finger）或直径 >12mm 异物	15°滴水
3	工具或直径 >2.5mm 异物	淋水
4	金属线或直径 >1mm 异物	溅水
5	金属线或防尘	喷水
6	金属线或尘密	猛烈喷水
7	—	短时间浸水
8	—	连续浸水

注：其他字母代表对人员的防护含义 A = 防护手背接触；B = 防护手指（Standard Finger）接触；C = 防护工具接触；D = 防护金属线的接触。

范例 1：一个摄像机外罩具有 IP50 级别。在这种情形中，外罩将提供高等级的防尘保护，但绝对没有防水保护。这样的外罩仅适合于室内使用。

范例 2：一个摄像机外罩具有 IP66 级别。在这种情形中，外罩将提供高等级的尘密和防水的保护。这样的外罩将极其适合于室外使用。

范例 3：一个电气设备外罩具有 IP4X 级别。在这种情形中，外罩将提供相当级别对小型物体的防护，但就湿气进入方面没有防护。这样的外罩将仅适合于室内使用，甚至仅在清洁和安全的环境中使用。

范例 4：一个电气设备外罩具有 IPXXA 级别。在这种情形中，外罩将提供偶然人类接触的防护，但就湿气进入方面不提供防护，不提供对防尘、尘密和人类有意进入的防护。这样的外罩仅适合于室内使用，甚至仅适合在清洁和安全的环境中使用。

12.2 塔和线杆

在一座塔的顶部装配一台 CCTV 摄像机是常见的情形，但要考虑许多因素，例如选位，可能的规划条款，到站点的电源供电和信号线安装，塔的物理安装，线缆排列，对攻击的防护，站点驱动和其他辅助设备的安装，以及维修拆卸等。让我们顺次考察这些因素中的每一个因素。

CCTV 摄像机塔位置的选择是非常重要的，纯粹从得到最优视域的观点来考察的指标制定者会发现他/她陷入不知所措的状态。例如，将其安装在一所私有住宅前面，安装摄像机的公司会很快发现他们必须拆除这些摄像机，这由于住宅主人基于侵犯他的/她的人权可以提出法庭诉状。也可能塔的位置是由现有地下线缆管道的位置确定，在这种情况下为新线缆挖掘管道的成本会是令人生畏的。在建筑施工仍在进行的区域中，指标制定者必须将未来某天要建造的建筑考虑在内。因为一旦这些建筑建成，就会影响摄像机的工作，例如一个路灯线杆或广告牌直接在 CCTV 摄像机前面竖起，这是经常会发生的！

城镇议会非常关注于什么能够什么不能够在他们的城镇中心建设，且实施特别的规划规则。例如，塔的风格必须与街灯照明的风格融合在一起，在英国，出于城镇美学品质的考虑，多数地方议会仅允许在城镇或市中心使用球形外罩机型。

布设地下线缆总是昂贵的，所以如果找到的一个摄像机站点在布设电源和信号线缆方面的成本效益很高，即使从视域角度来看它不是最优地点，也总是值得考虑的。客户必须决定摄像机的边际性能改善是否值得大幅增加安装成本。

塔结构要求一个固定锚并应由熟练的土木建筑工程师安装。像塔基的最小深度和面积这样的参数，制造商将提供指南规则。但有关水泥的正确混合和最小恢复时间是仅有合格人员才知道的事情，更不用提经常位于构筑面积地下挖坑方面的内容了，其中包括了地下的高压线缆、下水道以及煤气和水主干管道等内容。

一般而言，CCTV 摄像机塔有两种设计：固体柱结构和格栅塔（见图 12-2）。格栅塔是迄今为止最强健的结构，原因是其地表面积的风阻较小且三角格栅的构造非常坚固。但是，开放的格栅意味着线缆必须无保护地通过塔的中心，对于多

数安装而言，并不期望如此。可通过使用钢管做到一些保护，但这对于确定性的攻击破坏将不能奏效。固体（实心）线杆相比较而言远较适合，因为它为垂直线缆提供很好保护。就它们的强度和刚性而言，六角形固体线杆将比圆形线杆更加稳定，这意味着对于线杆而言在强风中颤动的可能性应该更小。这样增加的稳定性对于很高的线杆是具有真正优势的，高杆上的摄像机装配有高倍镜头。

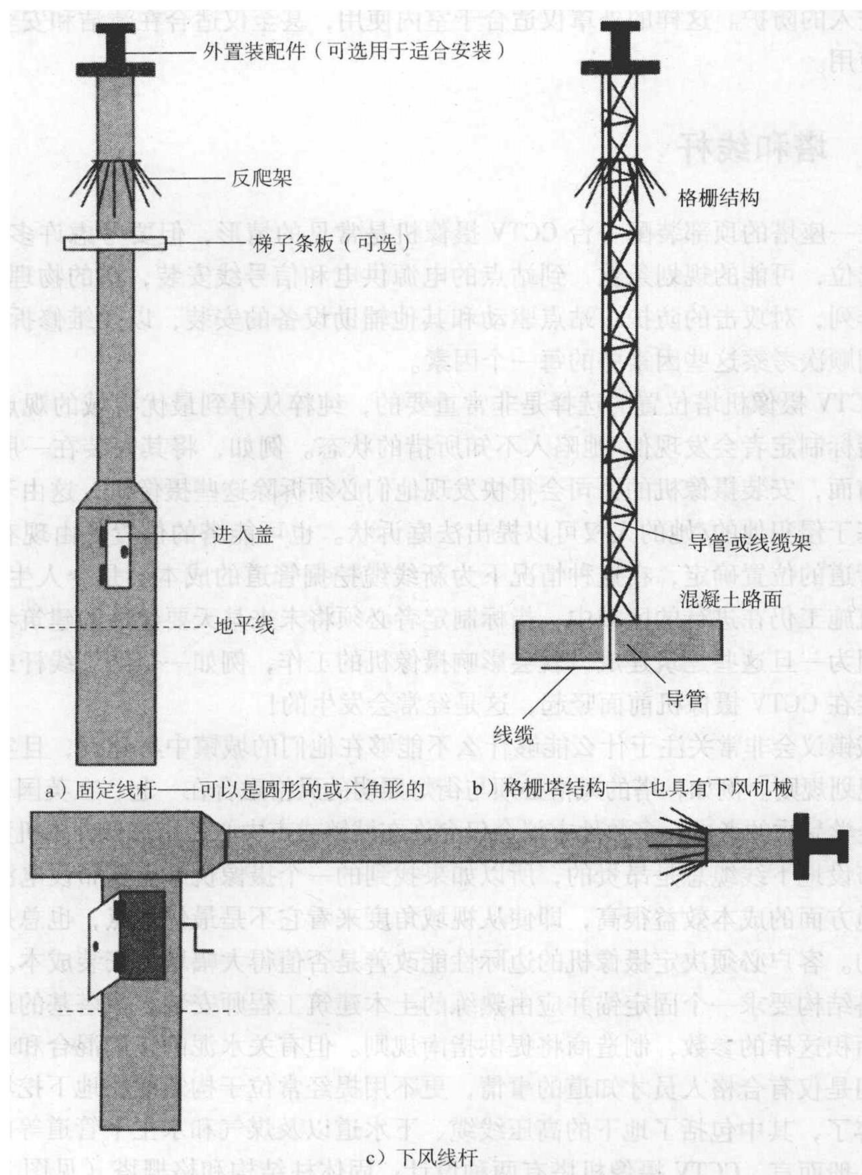


图 12-2　典型的摄像机塔和线杆

对安装的 CCTV 摄像机的人为破坏（攻击）正变得更加常见，因为那些沉湎于犯罪生活的人发现 CCTV 日渐阻碍了他们的作案。这些人很快发现，一旦摄像机被“去除”，在拥有者找到一笔预算修复它之前会有一段时间。这就是说，这就轮到指标制定人员和安装人员尽其最大努力防护摄像机，将摄像机装配在高塔顶部是做到这点的一种有效方法，前提是塔基处的进入盖是安全的！制造商们长时间以来采用防破坏螺栓或其他方法防止可能的攻击破坏者。但是，在最近许多进入盖的设计已经不幸地被证明，是不足以对抗大型撬扛的，且一旦在塔内部放一把火，地面以上的光纤线缆经常会所剩无几。要修理这样的损坏是代价高昂和耗时很长的，这正是罪犯集团想要的结果。因此，当为可能发生这样的破坏攻击的环境选择线杆（住宅区、城镇中心等）时，仔细地检查任何低等级进入盖的设计，并确信针对持续的人为破坏，它也将能支持得住。

就破坏攻击而言，也要了解那些“猴子”似的人，他们能够攀爬线杆。如果他们能够到达摄像机头处，那么他就能够非常快速地实施扩大性的破坏，并使摄像机失效。为了预防这种事件，制造商们提供了各种可选的反攀爬设备，它们一般具有一系列尖铁的形式，沿塔向上三分之二进行周边安装。当安装这些东西时要小心。当在液压平台上工作时，当安装人员正在安装固定螺栓时，这些尖铁非常可能刺人安装人员的眼睛。建议实施眼睛防护。

记住，对于全功能的摄像机而言，在塔顶上某处装备一个站点驱动器将是必要的。为了安装这些部件，许多设计都有可选托架或其他装配件，但确信正在安装的塔具有这样的设施——最好在安装之前确认！

安装具备高强度攻击防护的一座塔是一回事，但是维修工程师也必须能够在以后进入其内。在仅具有一台固定摄像机的矮塔的情形中，用梯子进入可能是足够的，但这意味着应该在塔竖起之前将梯子横条装配到塔上。这些横条常常从塔上垂下，之后固定。横条提供了一个固定点，一架梯子可依靠其上并被固定。且设计良好的横条在每端有一个法兰，为的是防止梯子滑落。这就是说，在英国工作时，工程师们必须总要铭记在一定高度工作时实施的规章法规。即使顶端和底部都固定，在许多情形中使用梯子上作业，也将是不被允许的。

对于安装更复杂的更高的塔，必须通过液压平台进行作业，或可能通过安装转动曲柄塔进行作业。有许多种转动设计的机械可用，这取决于塔的高度。当安装这样的塔时，要将它必须转动下来的所朝方向的情况考虑在内。例如，将之横放在快速车道也许不是什么好的想法！同样，要知道在允许操作转动机械之前，也需要进行相关的特殊培训。最近些年，出现了许多严重的意外事故（一些是致命的），工程师没有正确地操作转动机械，或转动柄旋转脱离控制，击中操作员，或塔落下太快并砸中操作员或附近的其他人。

12.3 P/T 单元

在本章前面指出，P/T 球形外罩比传统的 P/T 单元和摄像机外罩组件具有许多优势。不过，风格较陈旧的摄像机外罩仍然具有优于球形技术的一些优势，例如，相比之下球形外罩不容易容纳大型镜头，清洗可能会是问题，球形组件上装配照明单元不是很容易。另外，在本书撰写之时，机动化的球形组件相比等效功能的 P/T 和外罩组件，相对来说仍然更加昂贵。在很多时候，也就是当这些优势在选择组件时倾向于摄像机外罩，此时摄像机需要移动，就有必要使用一个 P/T 单元。

在已经确定使用传统的 P/T 单元和摄像机外罩的情况下，在选择单元之前，还要考虑许多因素，例如负载、风力、供电电压、最大驱动速度以及组件是否要带照明。

负载是指 P/T 单元要承载的物体质量，包括外罩、摄像机、镜头、照明单元以及在组件上的任何东西在内的总质量。过载的 P/T 单元不能满足初始操作要求，其运动迟缓，且当操作员期望它停止时，又可能会运动过头。但是，就长期而言，过载将导致齿轮或可能是电动机的劳损，使单元过早故障。过载可能遇到的一个进一步的问题是当它向下倾斜超过某个点时，该单元没有足够的功率拉起组件。

每个 P/T 单元都有最大负载级别，典型的在 12 ~ 50kg 之间，虽然在近些年来随着摄像机和镜头的尺寸及质量的降低，对较重负载单元的要求变少（不太常见了）。当选择一个单元时，指标制定者首先应该计算所考虑组件的总质量。之后，作为一条经验规则，对于线缆拉力和风阻力应该加上另外 2kg 的富裕度。在雪或冰可能堆积在外罩的环境中，在总质量计算上应该再加上 3kg。计算出最后的最大可能负载数字后，应该选择级别至少超过这个数字 15% 的单元。就负载有关的另一项考虑是系统未来发展的需要。如果估计以后可能向组件添加其他设备（例如一对灯设备单元），建议在初始计算中算上这种设备的质量，从而不必当系统升级时不得不替换满足较高指标的 P/T 单元。当要求采用红外照明时，降低 P/T 单元上负载的可能方法是使用 LED 灯单元而不是钨卤类型灯（见本书第 3 章）。

在开放区，风的拉力问题可能非常严重。低级别 P/T 单元将不能在强风中良好地工作。常见情形是不良指标的组件在强风中像教堂顶端的风信标一样简单地旋转。原因是强风作用于外罩上的力克服了齿轮系中的力矩。在一些情形中，这种作用可能损坏驱动齿轮，虽然质量较好的 P/T 单元装配某种形式的铰合组件，它允许在不损坏单元情况下滑动。提到这点，级别正确和安装正确的 P/T

单元在强风中应该完好地运转。但相比在不太恶劣条件下工作的单元而言，这种单元可能要求更频繁地润滑和加机油等形式的维修。

一些P/T单元将外罩装配在顶部，而其他一些将之装配在一侧（见图12-3）。一般而言，相比于等效级别的侧面装配单元，顶部装配单元一般负载容量会比较小。原因在于就驱动机械而言，在于负载重力中心的差异。这点如图12-4所示，其中可以看出，因为外罩对驱动轴的平衡效应，对于一个顶部装配的P/T单元而言，将组件从一个倾斜位置升回所要求的能量，要远大于侧面装配单元所需能量。这并不意味着说侧面装配单元就一定更好，因为一个顶部装配设计应该总能够满足其设计指标运行。这仅是一件事实，即相比于顶部装配单元，侧面装配单元将能够以较少能量处理其负载。

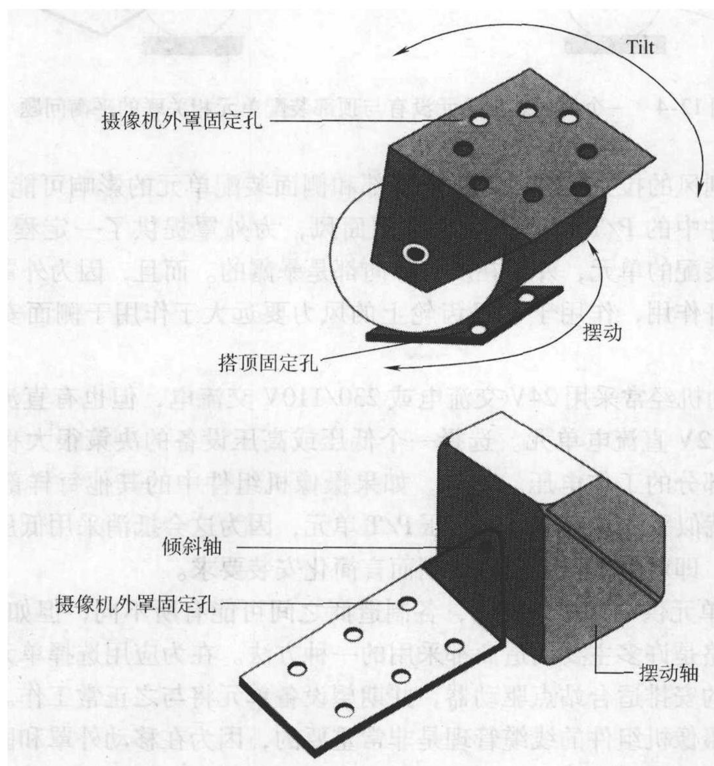


图12-3 顶部和侧面装配P/T单元

当要求这种组件装配一个或两个灯单元时，顶部装配单元可达到其最大负载。虽然从一个侧面装配组件底面悬挂一个灯单元是可能的，但对于顶部装配单元而言做到这点是更加容易的，特别当要求装配两盏灯时。因为在这种情形中，它们可装配在下面以及摄像机外罩的任一侧，对组件和P/T齿轮箱起到一种均衡作用。

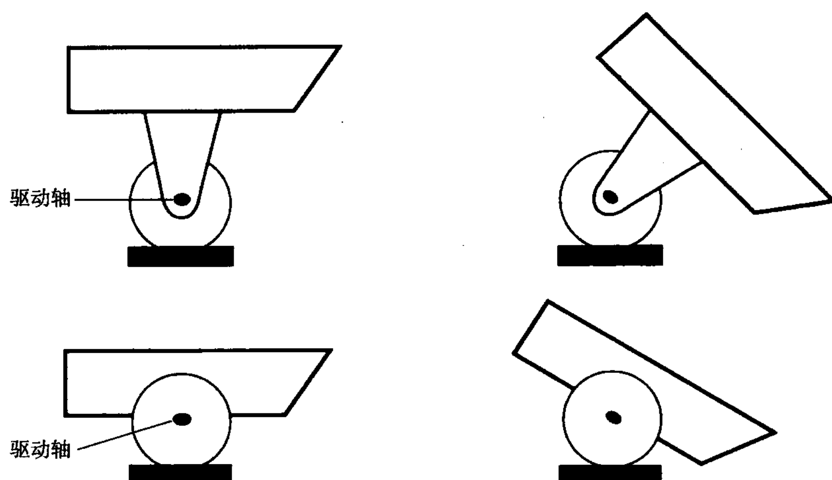


图 12-4 一个侧面装配单元没有与顶部装配单元相关联的平衡问题

再次回到风的拉力问题，风对于顶部和侧面装配单元的影响可能有些不同。侧面装配组件中的 P/T 单元针对来自侧面风，为外罩提供了一定程度的屏蔽。而对于顶部装配的单元，外罩在所有方向都是暴露的。而且，因为外罩对顶部装配单元的杠杆作用，作用于 P/T 齿轮上的风力要远大于作用于侧面安装设计的风力。

P/T 电动机经常采用 24V 交流电或 230/110V 交流电，但也有直流单元，如室内应用的 12V 直流电单元。选择一个低压或高压设备的决策很大程度上取决于系统其他部分的工作电压。例如，如果摄像机组件中的其他每样部件都采用 24V 交流，就似乎没有理由采用高压 P/T 单元，因为这会抵消采用低压系统的主要优势之一，即就电气安装实践规则而言简化安装要求。

到 P/T 单元供电连接的方法，各制造商之间可能有所不同，但如图 12-5 所示的走线线路是许多主要制造商都采用的一种方法。在为应用选择单元之前，确信连接线路的安排适合站点驱动器，并期望设备单元将与之正常工作。

全功能摄像机组件的线缆管理是非常重要的，因为在移动外罩和固定站点驱动器之间线缆连接安装不良，可能导致移动范围有限、负载增加、进入水分以及因连接断开造成的组件故障。合理的线缆安装，线缆应该包在弹性导管内部，并使用合适的防湿密封盖在两端固定。所有线缆入口都应该位于外罩和侧面驱动容器的底部，为的是最小化水分进入的机会。为了允许组件在其要求视域的所有范围内的自由运动，线缆应该足够长，且不应该限制外罩的运动或受其运动限制。在站点驱动器和外罩之间配备长距离线缆是使运动不受限制和有限负载效应的关键。

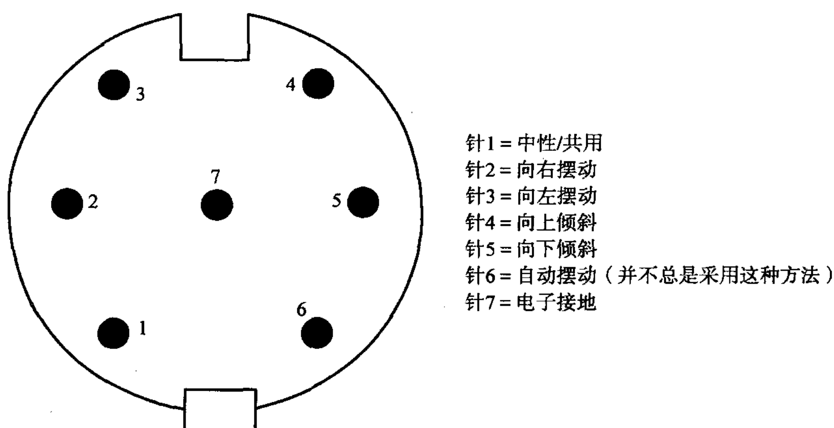


图12-5 使用Amphenol插座和插槽连接器的常见P/T连接线路

要特别注意的一点是，外罩组件固定在吊杆臂末端的情况，其中便携臂自身固定在一个固体结构上——常常是一座建筑。在这种情形中，线缆在进入外罩之前，应该沿吊杆采用某种形式的捆带固定。在吊杆上没有弹性导管摩擦的情况下，在外罩末端的线缆可以有足够的松弛度，为的是能够自由运动。这样的摩擦作用将导致导管的磨损，接着就是内部线缆的磨损。

P/T单元驱动速度的单位是°/s（度每秒），不同单元之间的变化可能很大。摆动比倾斜需要的能量较少，所以对于任何给定单元，摆动速度常常要比倾斜速度快得多。当谈到引用（quoted）速度时，记住，一般而言，这些速度是在假定接近最大负载条件的情况下得出的。但是，如果负载数字在最大标称负载条件左右变化，这个速度性能就可能改变。

为了防止P/T单元在水平或垂直方向上的过运动，可采用限制开关。对于直流电动机电路，在本书第4章针对缩放镜头电动机介绍了这个原理。对于P/T单元中的摆动和倾斜电动机而言，原理是相同的。当P/T单元达到限制位置，开关打开，电动机的供电切断。如图12-6所示，跨过开关的二极管使得当供电极性反转时，就能够驱动电动机。对于交流电动机，原理多少有些不同，因为通过简单地反转电压极性，不可能使交流电动机反转。在这种情形中，限制开关连接到站点驱动器，它将切断电动机供电。之后，电动机反转常常是在电动机内安排两组绕组完成的。一般而言，限制开关调节包括下面的方法，即释放微型开关并将它们滑动到期望位置，之后再次固定这些微型开关。为了设定左、右、上和下运动的限制，要求最少4个开关。如果要防止外罩（例如）撞到墙壁或向下倾斜到某点（在这个点电动机没有足够的力矩将外罩重新拉起），限制开关调节

是重要的。

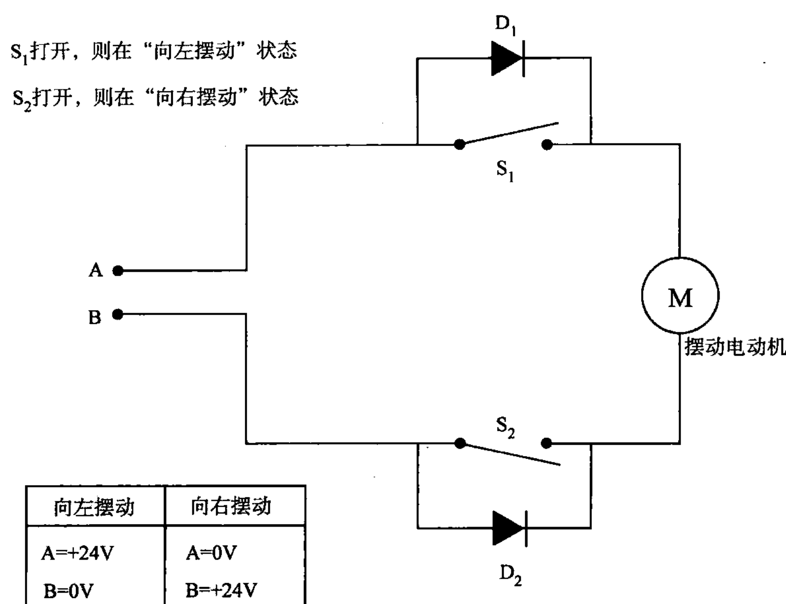


图 12-6 摆动电动机的限制开关电路（相同的电路可用于倾斜电动机）

如果要确保可靠的工作性能，P/T 单元要进行日常维护。多数情况下采取润滑或对齿轮上机油的方法。但在一些情形中可能涉及到清理掉陈旧机油，这是由于老化效应或灰尘污染或齿轮磨损的金属颗粒、机油变厚等造成的。在维护过程中，必要情况下，应该检查齿轮的磨损症状，并装配替换。在齿轮已经磨损，或齿被强风或过高负载作用打掉的情况下，P/T 单元将自由旋转（摆动齿轮出现故障）或落到一个垂直位置（倾斜齿轮出现故障）。此故障的典型范例如图 12-7 所示。应该指出，正常情况下，要求拆除单元的任何维修都是在工作车间进行的，而不是在摄像机头处进行的。

当单元运动受限，电动机就容易过热，推究原因，电动机运动受限可能是由故障齿轮或单元过载造成的。过热的电动机将经常会在其绕组中有短路线圈，这将导致力矩的降低，使单元变得迟缓。在极端情形中，电动机可能完全不能工作，导致摆动或倾斜功能丧失。在发现电动机存在缺陷的情况下，是值得调查其故障的可能原因的，而不是简单地安装替换电动机。

会出现磨损/锈蚀症状的其他维修点还包括所有线缆、导管、安装托架等。同样要检查限制开关是安全可靠的，并仍然起作用。

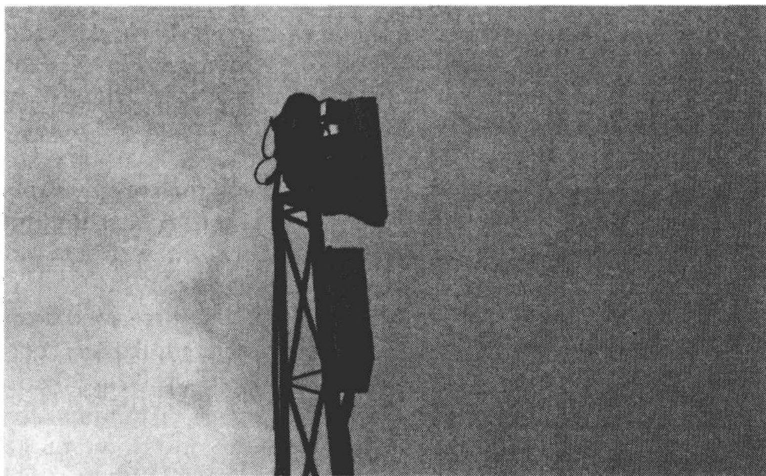


图 12-7 倾斜机械齿轮出现故障的 P/T 单元（对于这些单元而言这是非常常见的问题，特别当单元过载时尤其如此）

12.4 监视器托架

在许多方面，适合于选择摄像机托架的规则同样也适合于监视器托架的选择。但是，必须牢记的是，CRT 监视器一般而言要远远重于室内摄像机。存在专门设计用于监视器用途的许多种旋转装配托架，如果仅为了在出现任何灾难情况下避免诉讼，则建议采用这些设计而不是采用其他设备。当然，确保选择的托架级别要超过预期监视器质量，仍然是安装人员的责任。

安装人员也必须验证要固定托架的墙体表面能否托住拟采用的固定装置。如有问题，必须实施额外的支撑措施。一般而言，监视器位于人群聚集之处，所以不能轻易地冒设备单元落在头上的风险。

12.5 供电

一般来说，将控制室中的所有设备连接到 230/120V 主干线供电，是一件简单的事情。但是，对于摄像机和其他远端设备而言，这并不总是那么简单，因为安装线缆可能涉及到大量成本高昂的市政工程。主干线操作摄像机的替代品是 12V 直流和 24V 交流型号的摄像机。这些摄像机使用合适的低电压供电，可安装在控制室或站点周围的适合位置。为了携带承载电力，沿同轴信号线缆安装额外的低压（ELV）线缆。

各种 12V 和 24V 供电单元可用于提供不同的电流级别，典型的为 1 ~ 4A。正如对任何供电电源一样，需要的电流级别取决于负载。必须小心不要使供电电源过载，因为这样的话，它将很快出现故障。针对摄像机围绕供电电源级别的问题在本书第 6 章已经介绍过。

交流供电单元主要组成部分是主干线到 24V 降压变压器，电流级别至少为 1A。对于较高的电流级别，可使用较大型的变压器，但这可能导致电压规格的问题。当变压器工作在小负载或无负载状态时，二次电压经常高于标称的电压。当负载电流增加时，输出电压逐步下降。为了在 0 ~ 4A 的负载电流范围上提供恒定的 24V 电压，要求变压器提供很多不同电流的能力，也因为这样一些较大型交流电源包括许多独立的 1A 级别的变压器。另外，可使用具有许多二次输出端的变压器。

直流电源是更复杂的，因为它要有整流器、滤波和稳压电路（见图 12-8）。电压稳压器具有不管负载电流如何变化，都能维持恒定 12V 直流输出的任务。但是，它有最大的电流级别，常常在 1 ~ 4A。如果要在超过电流级别或在导线上发生意外的短路情形中，预防损坏的话，则过载保护就是必不可少的。采用熔丝保护是最简单的保护方式。但是，许多稳压器 IC 集成了过载保护电路，直到过载条件排除之前，该电路将输出电压切换到 0V。

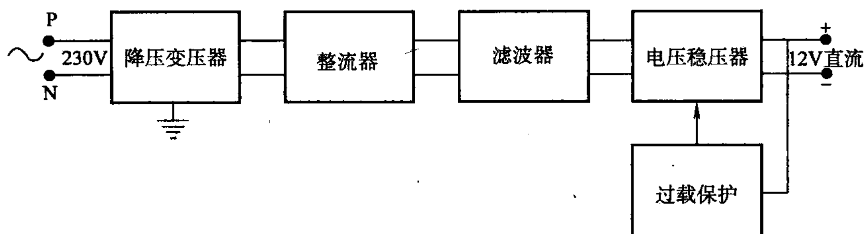


图 12-8 直流电源的模块图

一般而言，电源都有金属外罩，为的是防止外部 RFI 影响到供电电路，同样也可以将来自电源的 EMI 局限在金属外罩之内。如果外壳的接地连接是正确的话，这种屏蔽是惟一可有效地运行的。

使用 ELV 的主要优势是，线缆安装非常简化；并避免了 230/120V 安装所要求的更复杂检查和测试，这包括所有机械保护和外罩的视觉（外观）检查，绝缘电阻测试，地环路阻抗测试以及极性检查。本质上而言，主干线安装必须由一名“胜任的人员”来执行，这并不仅仅意味着某人认为他们知道自己所作的事情，并且必须证明他们的能力。换句话说，他们必须是一名合格的电工。相比而言，在英国，就分段和机械保护来说，12/24V 线缆仅必须符合 IEE 规章，且在连接到系统中之前，必须测试它们的接地泄漏和绝

缘电阻完整性。

12.6　电压降

与低电压电源相关的主要问题是电压降问题，特别在较长线缆布线中这个问题尤为突出。对于任何给定导体，如果截面面积加倍，则通过该面积的电子加倍，所以电阻减半。相反，将导体长度加倍将会使电阻为原来的两倍。这个关系表示为

$$R \propto \frac{L}{A}$$

式中，符号∝表示“正比于”，这个关系如图 12-9 所示。

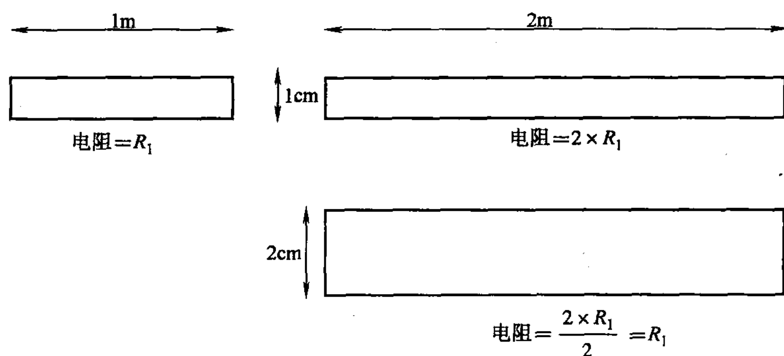


图 12-9　导线长度和面积对电阻的影响

所有线缆都有电阻，虽然长度较短时阻值非常小，但因为电阻随导体长度的增加而增加，则对于较长线缆布线，电阻可能达到数欧姆。也应该记住的是，电源要求有正、负两条线缆，或在交流供电情况下由两条线缆构成电路，因此电阻就是原来的两倍。显示线缆电阻的电源和负载等效电路如图 12-10 所示。

对于直流电源和 50/60Hz 交流电源而言，线缆可看作具有纯粹的电阻效应，因此电压降可按欧姆定律进行处理。图 12-10 所示的电路，可由 $V=I\times(R_{\mathrm{i}}+R_{\mathrm{ii}})$ 计算，其中电流可看作构成负载设备的额定电流。

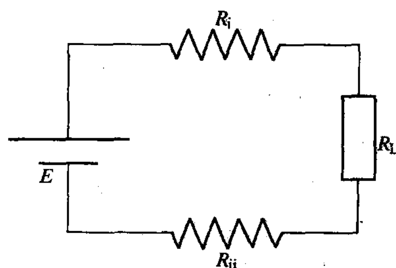


图 12-10　电路中的线缆电阻，表示为 R_{i} 和 R_{ii}

例如，如果负载是一台彩色摄像机，制造商已经确定它的电流为 300mA，则电压降可

计算为 $V=300\times10^{-3}\times(R_{\mathrm{i}}+R_{\mathrm{ii}})$。

线缆电阻经常表示为 Ω/m 或 Ω/km。但是，在这种情形中，电阻数常常指电路中两个导体的总串联电阻（即 $R_{\mathrm{i}}+R_{\mathrm{ii}}$），所以当进行线缆计算时，就没有必要将这个数字加倍。

在一些情形中，制造商也许引用实际的电压降数字。这时，你也许看到这样的表示：在22℃时为80mV/A/m。注意铜的电阻随温度而增加，这就是为什么必须声明测量时的温度的原因。如果这条线缆要在30℃工作，那么电阻会稍稍增加，且电压降会有相应增加。

在不同类型线缆之间，电阻特性可能变化非常大，在系统规划阶段需要计算电压降的情况下，应该咨询制造商相关技术信息或拨打支持热线。

12.6.1 范例

图12-11所示系统中的摄像机标记为具有250mA的额定电流和9V直流最小工作电压。线缆电阻标记为在20℃具有0.03Ω/m。计算线缆中的电压降，并确定摄像机是否能够令人满意地工作。

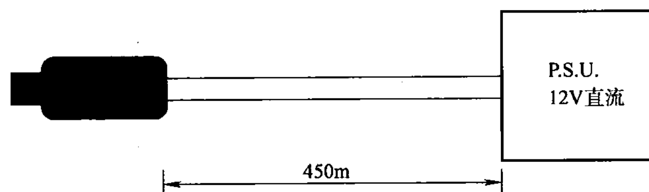


图12-11 范例

解：

总线缆长度 = 450m

在20℃时总线缆电阻 $=450\times0.03\Omega=13.5\Omega$

电压降 $=IR_{线缆}=250\times10^{-3}\times13.5\mathrm{V}=3.375\mathrm{V}$

在摄像机处的电压 $=V_{\mathrm{psu}}-V_{线缆}=(12-3.375)\ \mathrm{V}=8.625\mathrm{V}$

因此可以看出，如果不是完全不能工作的话，摄像机也将不能正确地工作。克服这个问题的一种可行方法是使用较高级别的线缆，记住增加截面面积就会降低电阻。在使用多芯线缆且存在空闲线芯的情况下，加倍线芯数量能够克服这个问题。在上面的范例中，将线芯加倍就将线缆电阻降低到6.75Ω，因此电压降将是 $250\times10^{-3}\times6.75\mathrm{V}=1.7\mathrm{V}$。由此得到摄像机处 $(12-1.7)\ \mathrm{V}=10.3\mathrm{V}$，这在其工作电压范围。

有时标称的交流电压降要“比直流电压降小”，这就是问什么交流电源要更好的原因。虽然因为电压降看来较小，交流电源要较好是事实，但实际上

50/60Hz交流同样承受相同的电阻，因此沿相同线缆就和直流一样具有相同功率损失。交流供电摄像机的电压降数字看起来要小的原因是：（1）因为工作电压较高（24V），摄像机的电流消耗较小；（2）24V是实际的RMS数字，真实峰值为24×1.414V=33.9V。总结一下，因为电流减少导致电压降减少，所以交流电源的电压降是不太成问题的；且一个电压降，比如3V，等于RMS损失仅为3×0.707V=2.12V。

第 13 章　调试和维护

13.1　调试

系统调试是极端重要的，这是安装中的必要阶段。系统中的每个部件都依据原始指标进行测试，确保它们在每个方面都满足指标。这是系统被证明满足要求的任何工作要求（OR，Operational Requirement）的阶段（以如下参数表示，例如实况和录制图像分辨率、摄像机视域、缩放能力以及在不同照明条件下运行的能力）。它是安装工人技艺质量得以证明的阶段，是系统安全指标被证明的阶段（特别地，系统走线符合相关 IEE（16 版）规章——BS7671）。它是测试结果被记录用于未来参考的阶段，且当调试正确执行时，它是安装公司能够将系统充满信心地交付客户的阶段。

首先，应该进行系统所有部分的外观检查。特别地，应该检查全功能摄像机的连接是否允许其自由运动；如是室外摄像机，检查其防气候变化密封的完整性。所有线缆都应该清楚地作上标记并能被识别。

应该检查设备的编程和设定，确保系统将满足 OR；或不存在这个要求的情况下，确认它将满足客户的要求和需求。检查应该包括复用器的编程、矩阵切换器、操作员的授权等级（受限访问）、PTZ 限制开关、球形（摄像机）预设置、DVR/VCR 连续镜头设置、报警输入响应，以及 VMD 区和灵敏度。

必须确认所有设备操作正确，不要忘记外部器件，例如灯、视频回放设施、报警探测器、视频打印机和批次（bulk）磁带擦除器。

毫无疑问的是，所有这些测试和检查的结果都应该做成文档并为未来参考而归档。安装公司也应该通知相关权威机构，例如本地议会（为了进行外部设备安装，最早从之获得要求的规划许可）、警察局、检查团体等。

13.2　测量分辨率

我们已经在本书的许多地方说到了分辨率，但实际上如何能够以一种方式测量才是对所有相关人员有意义的呢？或者换种方式说，调试工程师如何能够实际上证明系统是按照设计指标（规范）或操作要求执行的呢？分辨率受许多因素的影响，甚至当系统已经使用高指标设备余量（throughput）构建时，人们也不

能就图像质量做出假定。改变照明和天气条件可能对系统性能带来巨大影响，摄像机的运行环境中其他的改变也会带来影响。例如，在一个城镇中心系统中，当圣诞节照明打开时，色温的巨大变化可导致虹膜设定改变，这接着可能导致景深和聚焦的变化，更不要提会使一些摄像机几乎完全盲视的事实。

为测试系统的图像性能，人们设计了多种方法，这些方法中最简单的方法也许是使用一块经核准（approved）的测试卡。将测试卡放置于摄像机前面，调节摄像机使图像充满整个监视器屏幕。在这种条件下，测试卡上的每组标记都对应于一个特定 TVL 图像分辨率，通常情况下，这在与测试卡一起提供的说明手册（instruction）中给出。注意，在做任何观察之前，监视器应该调节到最好的图像（质量）。

为了在站点条件下测试系统性能，测试卡应该顺次保持或固定在每台摄像机前面，调节摄像机使卡片图像充满监视器屏幕。最大 TVL 分辨率是根据显示卡上找到的标记最小集合来确定。常见的情况是，测量的分辨率数字低于摄像机或监视器标称的分辨率。这可能由于如下因素，例如照明条件、线缆走线长度或系统中其他部件的质量。例如，装配一个劣质镜头的高质量摄像机将破坏它的性能。

在上面描述的测试过程中要注意的一个重点是，测试过程适用于这样一个场景，其中静态图像充满屏幕高度。但是这与仅以一个人以及该人以一定速度移动时的填充图像（比如，25% 的屏幕高度）如何相关呢？这是一个非常主观的测量，并是多数争辩的焦点。

英国内政部科学开发部（HOSDB（以前的 PSDB），Home Office Scientific Development Branch）已经开展了对图像尺寸和图像分辨率问题的研究，并从这项研究中设计制定了一组指导原则。这些已经为检查团体采用，例如 MACOSS 和 SSAIB。

HOSDB 制定了使用监视、检测、认知和识别的 CCTV 系统的下列分类。

监视：是指对于这样一幅图像，允许观察者看到视域中一个人的位置、速度和方向，经常是一个广角视域。对于监视目的，一个人的图像将不小于屏幕高度的 5%。

检测：是指允许观察者以高确信度定位一个人，这是在保安、警察、报警系统或其他方式的要求下这样做的。对于检测目的，一个人的图像将不小于屏幕高度的 10%。

认知：是指图像质量必须足够允许一名观察者能高度确信在监视器上的人就是他们以前看到的相同一个人。在这种情形中，一个人的图像将不小于屏幕高度的 50%。

识别：是指有一个人的最高分辨率图像，并必须包含足够的细节，操作员能

够足够清晰地看到这个人，并能够描述他们，或再次识别他们。这样一幅图像仅对于靠近或放大的拍摄才是可能的，这样做的劣势是除了被监视的人之外，你不能看到或录制任何其他活动。对于识别目的，一个人的图像将不小于屏幕高度的 120%。

这些图像尺寸如图 13-1 所示。注意对于每种分类，假定系统的所有部分都已调节并正确地运行，且人的高度为 1.6m。同样必要的是，要在不同照明条件下测试性能。

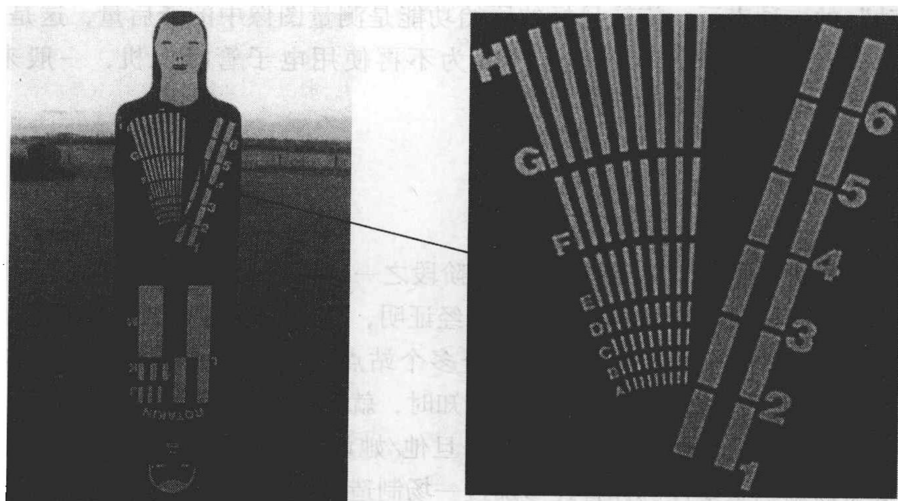
从这些指定的图像尺寸中，可能得出系统指标，这包括给定图像尺寸的一个 TVL 数字。例如，某个摄像机位置的指标可能是它将用于认知目的，且图像必须具有至少 250TVL 的分辨率。换句话说，充满屏幕高度 50% 的一个人的图像必须具有 250TVL 分辨率。对于在最终测试过程中使用测试卡片测试这点的工程师而言，将调节摄像机，使卡片充满屏幕高度的 50%。在这些观察条件下，卡片上的 250TVL 标记应该是可分辨的。



图 13-1 CCTV 图像的 HOSDB 分类，涉及到每种分类的最小图像尺寸

使用测试卡的一种替代法是采用称为 Rotakin 的一个测试目标，如图 13-2 所

示。当固定到其框架中时，这个目标高度为 1.6m，除了人头轮廓外，具有对应于 TVL 的各种标记。每种标记的 TVL 数字在图 13-2 的附表中给出。注意，当 Rotakin 的图像高度充满监视器屏幕时，这是定义为 100% R 的一个条件，这些数字才适用。



标记	100%R的TVL线数
A	500
B	450
C	400
D	350
E	300
F	250
G	200
H	150
J	100
K	80
L	40
M	20

图 13-2　Rotakin 标准目标（在靠近图像中高亮显示较高的分辨率条）

到此为止，我们仍然在讨论一个静态的、清晰的目标，我们还没有考虑伪装过的运动目标。

为了满足伪装的问题，当要求时，Rotakin 可装配一种迷彩（combat-style）夹克。当测量的是检出人而不仅是黑白条的人的系统性能时，这特别有用！换句话说，在这种模式中，Rotakin 不再用于确定 TVL 分辨率，而是确定在不同条件

下系统能显示一幅有用图像的能力。采用装配夹克的方法，也可能估计操作员的响应时间。

为了模拟一个运动目标，Rotakin 底座安装有一个 12V 电动机，该电动机以 25r/min 的速度旋转。引用 Rotakin 手册的话说，这提供了一个人"快速但无声地移动"的一种表示。旋转目标的原始功能是测量图像中的滞后量，这是电子管摄像机产生的一种特征；但是，因为不再使用电子管摄像机，一般来说，Rotakin仅用作一个静态目标。

13.3 系统交接

在 CCTV 安装中，交接是最重要的阶段之一，但因为一些事情仅具有有限的重要性，最经常地是将其掩饰掉了。已经证明，对于良好交接的安装系统，在运行的前数个月，几乎不用再次巡视检查多个站点。当业主（拥有者）/操作员就如何操作和维护系统知之甚少或毫无所知时，就极可能这样进行巡视。

交接是指，工程师作为培训官，一旦他/她认识到这点，指导客户的整个问题就具有崭新的重要性。你曾经参加过一场制造商的培训课程吗？其中进行培训的人员出现时满身尘土，穿着通过多个肮脏顶楼空间的工作服，他的头发完全没有梳理，带有汗味和其他令人不快的气味，而且因为他太累了，看起来他真正不想待在那里进行培训。这不是人们所希望的！但太常见了，这就是当工程师进行交接时，崭新的、昂贵 CCTV 系统（或其他安全系统）的自豪的业主被培训时的状态。

表现良好（well-presented）的交接过程开始时，像任何其他表现良好的培训会议，是经过规划和准备的。安装人员应该提前知道系统何时准备好，可以交接了，因此应该提前进行计划。重要的是知道多少人将介入到系统的使用之中，在相关的情况下，每个人的受权等级也需要了解。应该通知业主，需要这些人参加交接培训。同样让业主知道在交接过程中哪个区必须受"控制"，即，不应该发生中断，应该可能示范所有系统的运行操作。例如，没有理由当一家百货商店顾客满员时，试图示范 VMD。应该商定一个双方方便的日期和时间，这可以是口头的，但如果安排能形成书面材料，就是更好的，因此可涵盖任何"误解"。最后，当工程师出现在交接会议时，他/她应该看起来很好并看来是胸有成竹的。一些安装公司坚持，在开始交接之前，安装人员要洗漱，穿上衬衫，打上领带，以便看起来比较顺眼。在较大型安装工程中，更可能的情况是，交接不会直接发生在固定最后一条线夹并打扫控制室地面之后，所以工程师将直接从家里或办公室到达站点，并应该合适着装。

交接的准备工作当然取决于系统的规模。城镇中心规模系统的交接与小型系

统的交接是完全不同的，因为小型系统可能只是由一个本地加油站的两台摄像机、一台监视器和一台 DVR 组成。不过，相同原则仍然可适用于这两种情形。

在开始交接之前，确信所有文档都齐全并是正确的。这些文档应该包括如下内容，例如用户手册、交接协议、维护协议、联系电话和地址以及调试检查表的复制品。

在会晤业主和参与交接的任何其他人员时，通过提问的方式了解关于 CCTV 他们知道多少是有用的。在绝大多数情形中，关于 CCTV 设备的操作，人们知道得非常少。但是，在系统升级的情况下，情形也许是仅要求安装人员解释升级对系统操作和能力带来的差异。

在交接开始时，带业主考察系统，给他们说明设备每个部件的位置，使他们知道每台摄像机的视域。示范设备的操作，确信客户在交接过程中经常可自己进行处理。事实上，在这个阶段，业主应该操作设备而不是由工程师操作设备。

如在本书第 8 章列出的，应该解释磁带管理，还应该解释数据保护法（1998）的含义（在英国施行）。也就是说，CCTV 系统的业主要在法律上负责录制材料的安全，如果公众成员就录制材料泄漏到公众领域（有意的或无意的）而提出司法诉讼时，CCTV 系统业主都会被带上法庭。在英国，出于娱乐目的将 CCTV 拍摄的镜头传递给电视公司的日子已经终结，因为任何公众成员一旦看到他们自己在这样的节目中“扮演主角”（starring），或甚至偶然出现，都可控告这是系统的滥用，这样做侵犯了他们的人权。

就维护而言，指导业主如何使用清洗/擦拭、除雾器等，还有 VCR 头清洗盒带（见本书第 8 章）。告知他们需要将磁带存贮在远离磁场的地方，从电气/电子设备的许多部件都会放射磁场。同样，在相关情况下，指出与非屏蔽磁带消磁器（批次擦除器）相关的健康损害，这些设备单元有伤害心脏起搏器工作的可能性，安装这些仪器的人们不应该操作这些设备。

13.4　预防性维护

闭路电视系统规划、安装和维护实践的 BSIA 标准（109：卷 2：1991.10），将预防性维护分为两个等级：等级 1 是基本的全系统测试，等级 2 是全系统测试加上与安装相关的所有设备检查。

等级 1 巡查至少每 12 个月必须进行一次，第一次巡查应该在交接的 12 个月内进行。工程师应该测试每件设备的操作，包括每项清洗/擦拭设施、灯光、PTZ 等。应该检查来自每项输入的图像质量，并对由于如外罩窗口上的灰尘或蜘蛛网等原因，造成的质量损失给予特别的关注。同样检查图像对比度、彩色质量和噪声等级，注意任何可能的恶化，并为了进一步的研究分析将之制成日志。

将系统操作与原始 OR 相比较。确认视域没有改变，外罩挡位是正确的，等。同样确认每台摄像机的视域没有被物体遮挡，当系统安装时，这些物体是不存在的，例如，数年以前仅为幼树现在已经长成的大树，或地方议会认为需要的新的灯线杆直接位于摄像机前面。虽然砍掉大树（或拆除灯线杆）不是工程师的工作，但通知系统业主环境的变化是他/她的责任，环境变化意味着系统不再能够按照 OR 运行。

等级 2 巡查，如由 BSIA 所定义的，没有固定的时候，但要在业务和安装公司之间达成一致。另一方面，这种巡查涉及到的检查如果不是每年都进行，则应该至少每两年进行一次。

在等级 2 巡查中，要进行等级 1 巡查的所有系统测试。另外，必须进行所有设备的外观检查。摄像机外罩、接收器单元和 P/T 单元都必须打开，并检查电气端子腐蚀、水分进入和磨损或损坏的任何其他症状。P/T 单元应该上机油，必要的话更换清洗器叶片（blade)，验证加热器性能，检查弹性线缆的损坏或磨损等等。

摄像机塔或线杆以及墙壁装配托架都应该检查损坏或腐蚀症状。特别地，塔和托架的固定点应该检查腐蚀、疲劳的症状以及松动或丢失的螺栓。

应该测试所有的照明设备，在照明设备不容易拆除的情况下，建议能够更换灯泡时理应进行更换。相比于在不远的将来必须返回替换一个损坏的灯泡，这样是成本效益更好的。

在维修巡查时不能完成的任何修理或替换工作都应该进行记录，并在最早时机做出完成工作的安排。所有维修工作都应该记录，文档由工程师和业主或业主代表签署。记录的一份复制品应该留给业主，原件交回公司办公室，在这里应该存储在安全地方，以备未来参考。

在维护或维修涉及到设备的暂时断开情况下，将系统部分置于不可操作状态，应该填写一份暂时断开通知，并由工程师和业主或其他负责人员签署。

特别对于 VCR 而言，如在本书第 8 章介绍过的，因为在连续镜头机器中机械的磨损或断裂，应该每 12 个月进行一次全面维修。这将涉及到从站点拆除机器一段时间，应当临时租赁安装一台机器。在这种情形中，工程师必须将租赁机器具备的特征与将被替换的机器进行比较，确认：（1）为了维持系统性能，该机器能够提供所有的特征；（2）客户知道不能进行任何 VCR 操作。

在所有时间，工程师都必须谨慎小心，不要以较低指标的部件或不兼容的部件替换有缺陷的部件，而降低系统任何部分的性能。例如，如果发现摄像机存在缺陷，如果不具备更好指标的替换品也要用相同指标型号的摄像机。类似地，如果一个数字录制系统中的硬盘出现故障，以低容量硬盘将之替换，将对录制和归档周期具有严重影响。

13.5　校正性维护

正如有必要生成准确的和可识别的预防性维护记录一样，相同的原则适用于在系统上进行的任何校正性工作，这些可能是在日常巡查中或在对崩溃（故障）电话做出的响应中进行的校正性工作。

所有校正性维护文档的复制品必须在公司办公室系统资料中的一个安全地方存放。一方面，这在业主提出任何赔偿的情况下，可保护公司。（业主也许寻找原因起诉公司没有进行某些工作）另一方面，这些记录中的信息在系统未来出现问题时，可证明是有帮助的。

13.6　故障定位

我们已经对这一主题作了很多介绍，在每章中与设备相关的故障诊断和修复技术中都进行了介绍。但是，现在我们将从系统的观点思考故障诊断。

如果维修是合理的和成本效益很高的，则采用逻辑方法进行故障诊断是至关重要的。但什么是逻辑故障诊断呢？好的，也许以陈述什么不是逻辑故障诊断开始更为容易：当工程师面对一个问题时，陷入紧张状态，会将所有理论知识抛之脑后，相反却求助于随机地替换设备器件，直到最后问题消失，这当然没有使用逻辑故障诊断方法。有趣的是，经过观察在这种“状态”的 CCTV 和入侵报警实习人员，在许多情形中不仅将理论抛之脑后，而且测试设备都原封不动地放在箱子（未开封的）中。在一些情形中，实习人员在对线缆使用任何测试仪表之前，发现到他们拉出并替换一条完整的线缆，仅仅是要看看它是否有问题。这当然不是逻辑故障诊断方法！

为了高效地定位一个故障，工程师一般要对故障症状给以仔细考虑。在这个方面，电视可以是一种非常具有信息提示的设备，因为只要工程师能够认知症状，则在屏幕上显示的每种症状都极其平常地指向故障区域。从故障症状，工程师应该能够推断系统的哪部分应该导致这种症状，哪些部分能够被排除。

在逻辑故障诊断中的下一步，非常常见的是依赖经验。这时工程师的大脑类似计算机数据库一样地工作，搜索归档文件，寻找在类似设备上相同症状下的任何过往经验。这并不意味着故障原因一定是相同的，但工程师知道某个部件或设备组合中的一个常见问题方面，通过在这个区域测试并开始处理问题是有道理的。

在仅仅靠经验不能得到快速诊断的情形下，工程师必须改变思路，并开始搜索他/她的大脑“数据库”，寻找合适的 CCTV 和/或电子理论。工程师的技能常

常从他们能够如何良好地处理这个问题得以判断，因为尽管将理论抛之脑后是令人不满意的，同样没有帮助的是抛出如此之多的理论，导致工程师完全迷惑。在正确的时间应用正确的理论，拥有这种能力其本身就是一种技能。

具有知识是一回事，但这也许没有多少用途，除非工程师可使用测试设备，能够进行电压和波形测量。一台校准的、合格的万用表是工程师应该携带的必不可少的基本工具。采用万用表，工程师能够验证交流和直流电压及电流的存在、它们的数值，以及测试开路、短路和电阻故障。记住当测量主干线电压电动势时，必须仅使用通过认证的屏蔽和熔丝测试引线。

对于测试同轴线缆，万用表电阻量程的用途有限。因此对于维修工程师而言，时域反射计是另一件非常有用的测试设备。在试图沿同轴线缆长度定位一个故障中，它能够节省大量的时间和精力，可非常快速地收回这件设备的成本。TDR 在本书第 2 章介绍（见图 2-32）。

因为我们要处理的是视频信号，毋庸多言的是，测试这些信号条件和电平的最好方式是将它们显示在一台示波器上。但是实践证明 CCTV 业界非常不乐意沿这个方向进行故障定位。出现这种情况有许多原因。首先，公平地说，费力地携带一台示波器在站点周围走动（可能在雨中），无论对工程师或示波器而言都不是什么好事。第二，适合 CCTV 用途的崭新的示波器将至少花费 400 英镑，因此为不管大小公司中的每名工程师都提供这样一件工具是不可行的。但还有不使用示波器的第三个原因，这就是许多工程师害怕它们，且简直不知道如何操作示波器。对于在定位某些故障难题方面忽略一台示波器的价值，这第三个原因不那么站得住脚。

事实上 CCTV 工程师不必成为操作示波器的专家，因为他/她并不试图显示大范围的信号。在实践中，工程师常常打算每次显示相同类型的信号，这就是一个 1Vpp CCIR 电视信号的一行或两行。因此，一旦将示波器设定显示这个信号，每次它将用于这个目的，除了可能的微小细微调整外，将不需要任何设置。在本章后面我们将介绍针对 CCTV 应用，如何使用示波器的一些缺省配置。

手持示波器对于 CCTV 系统测试，是非常方便实用的。但是，不太昂贵的单元倾向于仅提供有限的带宽，并且屏幕刷新速率低，而且可能很难注意到信号电平或条件中的任何快速振荡。这并不是说所有手持示波器都有这个问题，例如图 13-3 中所示的设备就是非常有效的，能理想地适合于 CCTV 应用。因为是通过菜单进行选择，所以像这样的示波器经常有一个“Video”（视频）菜单选项，设置垂直和水平标尺，使示波器将显示一行或两行视频信息。像这样的示波器，它们的主要缺陷是相比于相当的实验室型号而言，成本较高。

使用示波器来确定视频信号条件的一种替代法是，使用某种手持视频信号

电平指示器。相比于示波器而言，这些设备是远为便宜、不太笨重和不太精细的，值得添加到任何维修工程师的测试工具箱之中。这样一个指示器的范例如本书第 2 章图 2-31 所示。这个型号带有其自身的信号产生器，这将我们带到下一点。



图 13-3 手持示波器相比全尺寸的实验室型号而言，是远较适合于 CCTV 测试的（像这样的单元配有可充电电池，并具有缺省配置，支持模拟视频波形的快速显示）

扫视或测量来自摄像机的视频信号不是测试一些故障的最好方法，工程师有时需要确切知道注入到一条线缆或设备部件中的信号是否是一个 CCIR 标准视频信号。到此为止，对于 CCTV 系统中查找故障而言，小型便携视频信号发生器是非常有用的。这些方法中最简单的就是输出一个黑白条信号，更复杂的型号生成彩色的以及黑白图案的选项，包括也许是最有用的标准彩色条显示，或当在一台示波器上观察时是阶梯状波形。

13.7 示波器默认设置

一条 TV 线具有 64μs 的时长和大约为 1V 的电压峰峰值（当终结到 75Ω

时)。为了在一台示波器上显示这个波形，volts/div 控制必须设定在约 0.2V 左右，时基速度调节在约 10μs/div。如果信号电平正确，那么在触发器（trigger）控制设定为“Auto”（自动）或“normal”（正常）位置时，应该得到一条稳定的踪迹。使用这些是缺省设置，一旦示波器调节到显示稳定视频信号波形，如果控制留在这个位置，那么当另一个视频信号施加到输入时，立刻就应该显示一条稳定的踪迹。

当施加一个灰度等级信号输入时，这些设置所期望的显示如图 13-4 所示。

示波器各型号功能不同，一些型号提供 CCTV 工程师将永远不用的特征。但是，这些特征导致对前端的更大量地控制，使之更加难于设置（实际上它们不再难于设置，但额外的控制使粗心的操作员困惑的几率更大）。当为 CCTV 用途选择示波器时，具有 20MHz 最小带宽的基本双电子束信号机型是理想选择。示波器的带宽是很重要的，因为在其他参数中，它确定触发（triggering）的能力。低于 20MHz 的任何型号都将难于显示一个稳定视频波形，具有 30～40MHz 带宽的型号一般而言是质量和价格之间的一个良好折中选择（对于 CCTV 应用而言）。

对于那些不经常使用示波器的人来说，下面的操作过程应该能在绝大多数型号上产生一个稳定的、单波束显示（见图 13-4）。

① 打开；

② 将 INTENSITY（亮度）控制调节到中间位置；

③ 将 TRIGGER LEVEL 控制设置到 AUTO（NORMAL）位置；

④ 调节 X、Y POSITION 控制到中央位置；

⑤ 将通道 1Y GAIN/AMPLITUTE 控制设置到 0.2V 位置（或你所用示波器上的最近数值）；

⑥ 将时基控制设置到 10μs/div；

⑦ 将 TRIGGER SELECT 开关设置到 CH1 位置；

⑧ 将触发器开关设置到 AC 和 + 位置；

⑨ 将通道 1 和 2 上的 INPUT COUPLING 开关设置到 AC 位置；

⑩ 将示波器连接到被测试设备；

⑪ 调节 FOCUS 和 INTENSITY 控制，得到最优清晰度。

假设被测信号是良好的，那么应该得到一个稳定显示。如果显示是抖动的或沿屏幕水平运行，试着调节触发器控制，也许将之切换到 MANUAL 位置。如果对示波器是否正确设置存在疑问，试着施加一个已知良好的视频信号而不是被测信号。一个正确显示将确认示波器是正确设置的，同时被测信号确实是不正确的。

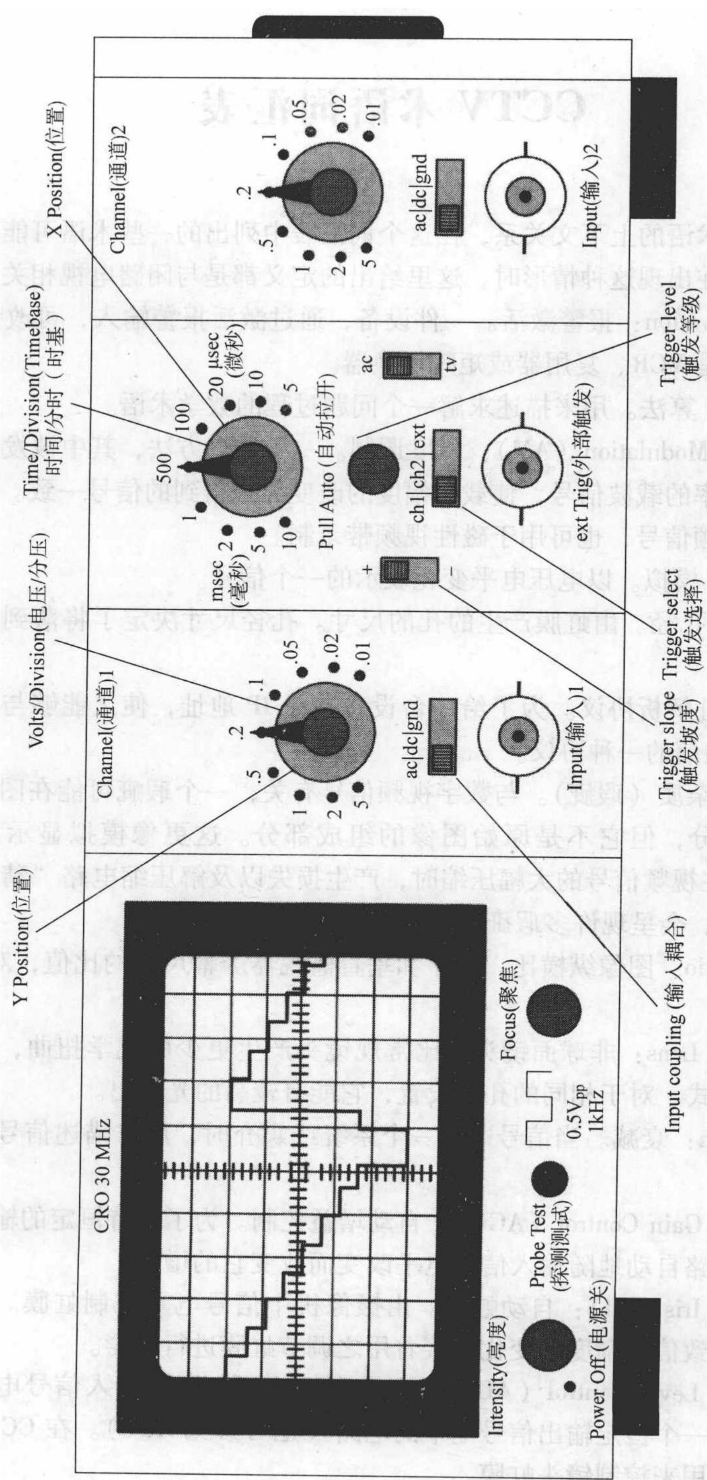


图 13-4　典型的基本双路(电子束)示波器

CCTV 术语词汇表

根据每个术语的上下文关系，在这个词汇表中列出的一些术语可能具有一种以上的意思。在出现这种情形时，这里给出的定义都是与闭路电视相关的。

Alarm Activation：报警激活。一件设备，通过激活报警输入，可改变其工作模式。典型的是 VCR、复用器或矩阵切换器。

Algorithm：算法。用来描述求解一个问题过程的数学术语。

Amplitude Modulation（AM）：幅度调制。一种传输方法，其中被发送的信号叠加到更高频率的载波信号，使载波幅度的改变与拟得到的信号一致。可以用来传输音频和视频信号，也可用于磁性视频带录制。

Analogue：模拟。以电压电平变化表示的一个信号。

Aperture：孔径。由虹膜产生的孔的尺寸。孔径尺寸决定了将落到检取器件上的光能总量。

ARP：地址解析协议。为了给一台设备指派 IP 地址，使之能够与主机使用其 MAC 地址通信的一种协议。

Artefact：杂质（瑕疵）。与数字视频信号有关，一个瑕疵可能在图像显示中的任何可见部分，但它不是原始图像的组成部分。这更像模拟显示中的“噪声”，但是，在视频信号的大幅压缩时，产生损失以及解压缩电路“猜测”图像内容不正确时，会呈现许多瑕疵。

Aspect Ratio：图像纵横比。水平和垂直监视器屏幕尺寸的比值，对于 CCTV 而言，是4:3。

Aspherical Lens：非球面镜头。比常规镜头产生更少的光学扭曲，原因是光通过玻璃的方式。对于相同的孔径设置，它能有较高的光输出。

Attenuation：衰减。当信号通过一个系统或媒介时，用来描述信号减少幅度的术语。

Automatic Gain Control（AGC）：自动增益控制。为了维持恒定的输出信号电平，放大器电路自动地随输入信号电平改变而改变它的增益。

Automatic Iris（AI）：自动虹膜。由摄像机中信号电平控制虹膜。光输入电平中的变化导致信号幅度的变化，接着用之调节虹膜进行补偿。

Automatic Level Control（ALC）：自动电平控制。不管输入信号电平的巨大变化，能维持一个恒定输出信号电平的电路（也可参见 AGC）。在 CCTV 中，这样一个电路可用来控制镜头虹膜。

Back Focus：后聚焦。摄像机中图像组件位置的机械调节功能。用来将镜头后部和检取器件之间的距离设定为 12.5mm（对于 CS 安装镜头）或 17.5mm（对于 C 安装镜头）。

Back Light Compensation（BLC）：背光补偿。摄像机的一种功能，它使虹膜电路忽略图像的亮区，并打开到足够大以允许较暗区是可见的——虽然要付出亮区的代价。

Back Porch：后沿。每个水平同步脉冲之后持续 5.9μs 的时段。它处于黑电平，为的是在线回扫期间，确保切断 CRT 的电子束。

Backbone：骨干网。所有网络设备连接于其上的主总线。每条到骨干网的单独连接称为一个分段网。骨干网常常比分段网具有更大的带宽，因为它必须承载网络上的所有流量。

Balanced Cable：均衡线缆。信号传输的一种两导线方法，其信号相位可以做到在接收端消除不想要的干扰信号。

Bandwidth：带宽。用来定义一个传输系统的高端和低端截止（cut-off）点之间的频率范围的一个术语（在 -3dB 点测量）。在 CCTV 中，带宽和图像分辨率之间存在一个直接关系。

Baud：波特率。在一个数字系统中测量数据速率的单位，常常以比特每秒（bit/s）表示。

Bit：比特。由二进制数字术语衍生而来，这是数据的组成单元，为逻辑 0 或逻辑 1。

Black Level：黑电平。在一个视频波形中，这指在 CRT 或其他显示设备上产生黑电平的电压电平。对于一个 CCIR 标准信号，这是 0.3V。

Blanking Period：消隐周期。当 CRT 中的电子束返回（“飞回”）到下一次扫描起点位置时，水平和垂直扫描周期过程中的时间。在这些周期中，视频信号波形保持在黑电平（0.3V），为的是确保屏幕上无显示。对于 UK PAL 传输，线或水平空白周期是 12μs，场或垂直消隐周期大约为 1ms。

BNC（Bayonet Neil Concelman）：普遍用于 CCTV 安装中的同轴线缆连接器。

Bridge：网桥。连接两个分段网的一种网络设备（类似于交换机，差别是一台交换机能够连接许多对分段网）。它用于将两个分段网上的流量相分离，除非当必要时才相互传递。

Bus：总线。承载一个或多个数据信号的电气导体。电子设备的许多部件都以 PCB 上铜走线的方式具有内部总线，但在 CCTV 应用中，常常是指外部数据总线，例如 RS485、RS422、RS232 等。

Byte：字节。在数字系统中用来定义一个 8 比特（二进制数字）组的术语。该术语产生的原因是早期计算机仅使用 8 比特字进行通信，而现代处理器普遍使

用32比特字进行通信。

C Mount：C装配。一种米制螺纹装配，开发用于装配电影业镜头，但为CCTV业界采用。C装配镜头在图像设备和镜头后部之间的距离为17.5mm。

Cable Equalizing：线缆平衡。添加到同轴线缆传输系统中的设备，其惟一目的是纠正线缆中的高频损失。

Candela：坎德拉。发光强度单位，一坎德拉是一个黑色物体在所有方向放射的光能，该物体的温度是此时铂金从液体变为固体时的温度。

CCD（Charge Coupled Device）：电荷耦合器件。一种固态器件，能够存储微小电子电荷。最初拟用于计算应用的数字存储，后来用作电压传递到信号处理阶段之间，可以将来自一台摄像机检取器件中光二极管的输出电压进行存储。

CCIR（Committee Consultatif Internationale des Radiocommunicationale）：国际无线通信咨询委员会。英语为Consulative Committee on International Radiocommunications，更名为ITU-R（International Telecommunications Union-Radio Communications Setor，国际电信联盟无线电委员会）。它是负责为欧洲的电视系统制定标准的欧洲团体。

CCTV（Closed Circuit Television）：闭路电视。不广播到空中的一种电视系统，因此其图像仅可由具有到那个系统一条连接的人们看到。

Characteristic Impedance：特征阻抗。这里指一条线缆的阻抗，也就是说一条线缆的电感、电容和直流电阻性质的一个函数，并常常在假定一条无穷长度线缆的情况下引用（理论上）。对于CCTV应用来说，同轴线缆必须具有75Ω的特征阻抗。

Charge：电荷。在一个器件或区域中聚集的电子的电量。电子电荷是以库仑测量的，1库仑等于6.289×10^{18}个电子的聚集。

Chroma Burst：色饱和度突发信号。彩色子载波信号的一个样本。它在后沿期间传递，对于PAL传递，它由4.43MHz子载波的10个周期组成，或对于NTSC传递，由3.68MHz子载波的多达10个周期组成。对于电视、监视器或VCR中的彩色解码电路而言，突发信号作为同步信号。

Chrominance：色度。在电视传输中，用来定义彩色信号成分的术语。

CIF：通用交换格式。规范像素尺寸中图像格式的一组标准。

Co-axial Cable：同轴线缆。一种非均衡线缆，由一个芯，外包网状或实心屏蔽层组成。两种导体由一种绝缘材料隔离，绝缘材料设计用作电容介质。线缆的总电感、电容和直流电阻性质产生相对交流的对应物，称为特征阻抗。对于CCTV应用来说，同轴线缆必须具有75Ω的特征阻抗。

Colour Temperature：色温。由光源产生的光的一种特性，是对光波长的科学度量，以开式温度（K）表示。

Composite Sync：复合同步。它包含水平和垂直同步脉冲，但没有视频信号成分的一个信号。

Composite Video：复合视频。它包含亮度、色度、同步和彩色突发成分的信号。

Compression：压缩。与视频信号数字化有关，这指对考虑的信号而言，由于一种原因或其他原因，被认为冗余的二进制数据会被去除。对于与视频信号数字化后需要大量数字存储容量而言，压缩技术就是来改善这种需求的。

Cross-Modulation：交调。它是指一种效应，其中两个高频信号相互作用，导致一种意外干扰。

CS Mount：CS 装配。用于 CCTV 中最普遍的镜头安装类型。在图像器件和镜头后部之间的距离为 12.5mm。一个 CS 装配镜头不能用于 C 装配摄像机。

CSMS/CD：载波侦听多路访问/冲突监测。它是用于以太网的一种数据传输方法，其中当且仅当需要时，主机访问数据总线。当发生数据冲突时，主机重新发送它们的数据，且将继续发送直到传输成功。

CVBS：复合视频广播信号（Composite Video Broadcost Signal）。

Dark Current：暗电流。在一台摄像机检取器件中的热感应电流，甚至在完全没有入射光的情况下，也会产生一个明显的信号输出。

Data Cable：数据线。它是用于数字信号传输的线缆，典型情况下是双绞线，但也可以是同轴线。

Datagram：数据报。它是具有 TCP 头部的一条数据报文。以太网设备通过将数据分成这些较小的报文并在接收端重新组装，而在一个网络上传输数据。

dB（decibel）：分贝。它是用于定义两个信号幅度之间比值的对数单位。3dB 的变化代表电功率加倍或减半；6dB 的变化代表电压减半或加倍。

Depth of Field：景深。在镜头前面，物体仍然在焦点中的范围（以距离表示）。当焦距或孔径尺寸增加（F 数减小）时，该值减小。

DHCP：动态主机控制协议。服务器应用此协议自动地向一个网络上的主机指派 IP 地址。

Digital Signal：数字信号。它是用来表示二进制数值 0 和 1 的一个电压信号。

Direct Drive（DD）：直流驱动。它是用来描述具有电子机械虹膜的 CCTV 摄像机镜头的术语，该虹膜通过摄像机中衍生的变化直流电压来控制。

Distribution Amplifier：分布放大器。它包含单个数据和提供独立（隔离的）输出的许多放大器的一种设备。用于在不影响 1Vpp 电平的情况下，将单个视频信号发送到多个设备。

DNS（Domain Name Service）：域名服务。它是一项服务，支持人们使用用户友好的名字工作，而不是使用 IP 地址。DNS 服务器将域名解析（转换）为用

户网络拟连接主机的 IP 地址。

DOS（Disk Operating System）：磁盘操作系统。它是绝大多数计算机所使用的软件，支持 CPU 和硬件设备之间的通信，例如硬盘和打印机。

Duplex：双工。当用于 CCTV 多路复用器（MUX）时，这个术语指一个单元能够同时进行录制和回放（注意对于模拟系统，必须要有两台 VCR）。

DVR：数字视频录像机。它是一种视频录制设备，采用硬盘介质用于视频信息存储。

EI（Electronic Iris）：电子虹膜。CCTV 摄像机中的一个电路，在任何场周期期间，它改变检取器件活跃的时间。随着光输入增加，“曝光”时间会降低，因此模拟了一个机械虹膜的作用。这项特征增强了装配有固定虹膜镜头摄像机的性能。

EIA（Electronic Industry Association）：电子工业协会。它是负责为美国、加拿大和日本的电视系统制定标准的实体，如 NTSC 525 线系统。

Electromagnetic Radiation：电磁放射。电场与相关联的磁场，以波的形式以光的速度在自由空间穿行，存在各种多种类的频率，称为电磁谱。其中一些用于无线信号传输的目的；其他一些产生可见光谱，而另一些对人类有害（例如，X 光，Y 光［**G. 1］和 gamma 射线）。

Electron Beam：电子束。它是从一个阴极射线管（CRT）的阴极发射出的电子流。

EMI（Electromagnetic Interference）：电磁干扰。电磁信号进入一个系统或设备器件，并破坏期望的信号。EMI 可能是自然产生的（即照明、太阳爆发、静电荷），或人造的（即无线传输、电动机、电子开关齿轮）。

F-number：F 数。它是用来表示一个镜头中的孔径尺寸的数字。它由焦距与镜头/虹膜的有效直径的比值确定。小的 F 数标明大的孔径和高的光吞吐量。

F-stop：F 挡。它是指在一个摄像机镜头上设定的孔径。每个挡位表示光吞吐量的加倍或减半。

Fast Scan：快速扫描。它是将 CCTV 信号数字化地在 ISDN 电话网络上传输的一种技术。

fc（foot candle）：英尺-烛光。它是光测量的单位，主要用于北美。1 英尺-烛光（1fc）大约等于 10lx。

Fibre-optic Transmission：光纤传输。它是信号传输的一种方法，使用光脉冲通过细长的光学无阻材料，能够在长距离上进行低损耗传输，并不受 RFI 和 EMI 的影响。

Field：场。在一个电视帧中，一个场包含一半视频信息。CCIR 标准具有 50 场/s，每场包含 312 线。EIA 标准具有 60 场/s，每场包含 262.5 线。

Field of View：视域。它是指通过一个镜头可观察到的区域，由视角与（物体和镜头之间）距离之间的关系确定。

FIT（Field Interline Transfer）chip：场间线传递芯片。它是一个 CCD 图像器件，将线间传递和帧传递芯片技术相结合，提供改进的 *S/N*、低模糊度和良好的低光灵敏度。

FM（Frequency Modulation）：频率调制。它是一种传输方法，其信号发送是以如下方式叠加到一个较高频率载波信号上的，即载波频率随拟得到信号的幅度而一致性地变化。它可用于传输音频信号，也可用于磁性视频带录制。

Focal Length：焦距。它是指从镜头中辅助主点到最终焦点（在图像器件处）的距离，以 ms 为单位。短焦距可以产生宽广的视角。

Format：制式。就 CCTV 镜头和摄像机而言，它描述检取器件的活跃区，典型为 2/3"、1/2"、1/3" 或 1/4"。

Frame：帧。从两个交错场上 625（525 NTSC）线信息中得到的一个完整电视图像，速率为 25（30 NTSC）帧/s。

Frame Store：帧存储器。一般来讲，它指一种数字存储器件，能够存储与一个完全数字化电视帧相关的数据。

Frequency：频率。它指在 1s 内一个周期重复自身次数的度量，度量的单位是 Hz 或在美国为周期数［**G. 2］。

Front Porch：前沿。它是指在每个水平同步脉冲之前持续 1.4μs 的周期。它处于黑电平，为的是确保 CRT 中的电子束在线回扫周期期间是切断的。

FTP：文件传输协议。它是 TCP 协议族的一个组成部分，用于两台主机之间传递文件。

Galvanometer：电流计。在没有直流电动机机械复杂度的情况下，它能够将电子能量转变为机械能量。用于控制 DD 镜头中的纹理（veins）。

Gamma Correction：γ 校正。为了纠正 CRT 磷光体响应的非线性影响，可以利用 γ 校正对摄像机中对亮度信号形状做出的修改。在许多 CCTV 摄像机中，可以通过调节 γ 校正来补偿不同监视器或照明条件。

Gateway：网关。它是一种网络设备，可使数据传递到另外的网络（或者局域或者广域），所有数据必须通过它进行路由。

Gen Lock：同步锁。它是在一个 CCTV 系统中的摄像机间维持同步的方法。从一台摄像机或一个主发生器取得的一个主同步信号，要馈入到每台摄像机的“Gen 锁”输入端。

Ground Loop：接地回路。它通过一条同轴线缆上屏蔽层，从而为接地电流形成的环路。这种电流可导致图像上的滚动阴影（称作 Hum Bar）、不良同步、图像的水平撕裂或遥测控制功能的丢失。

Ground Loop Transformer：接地回路变压器。它是能够传递视频信号频率的1∶1变压器。它与一条同轴线缆串联放置，为的是断开摄像机和监视器之间由线缆屏蔽形成的直接接地连接。

Hard Disk：硬盘。它是在所有计算机中采用的数据存储设备。一般为一种固态金属盘，在其上使用磁记录存储数据。

Hardware Address：硬件地址。它也称作 MAC（媒体接入控制）地址或以太网地址。这个惟一的地址由 12 位十六进制码组成，由短横线分隔，指派到每个网络设备。由如 DHCP 的应用来使用，识别一台主机，以为之（例如）指派 IP 地址。

Hertz（Hz）：赫兹。它是指每秒周期数，是频率的单位。

Hop Count：跳计数。正常情况下跳计数设定为 32，这确定了数据报在被作为不可达而丢弃之前可传递通过网络路由器的最大数。如果没有跳计数，不可到达的数据将简单地无穷地在 Internent 中传递，导致网络为这样的数据所拥塞。

Host：主机。它是指使用一个 IP 地址的一台以太网设备。

HTTP：超文本传输协议。它是一种协议，可以管理 web 浏览器和 web 服务器之间的通信，并确保打开一个被请求的文件夹、链接等。

Hub：集线器。它是用来构建一个星形拓扑网络的一种简单网络设备。典型的集线器具有 4 个或 8 个端口。在任何一个端口上的数据将直接连接到所有其他的端口。

Hue：色调。这个术语指一个光源的频率，它可以是红、绿和蓝等。

Hum Bar：见 Ground Loop 词条。

Illuminance：照度。它是指以每平方米有多少流明的光能通过，单位是 lx。

Illmuniation：亮度。来自于辅助面或源的光能，单位是 lx。

Imaging Device：成像器件。它是能够将光能量转变为电能量的器件。在现代 CCTV 摄像机中，是指电荷耦合器件（CCD）芯片。

Impedance（Z）：阻抗。它是指在一个交流电路中对电流流动的阻滞作用，单位是 Ω。它是直流电阻、电感和/或电容电抗的组合作用。

Infrared Cut Filter：红外截断滤波器。它是一种滤波器，能阻止红外光频率的通过。这种滤波器用于彩色 CCTV 摄像机中，可以防止 IR 光的进入，否则会导致产生的彩色信号不正确。

Infrared（IR）Light：红外光。它是恰位于那些可见光范围之下的光（波长范围是0.7～10mm）。所有 CCD 图像芯片都对这些频率敏感，在许多情形中，这可作为一项优势使用。

Infrared Pass Filter：红外通过滤波器。它是仅允许红外光频率通过的一种滤波器。在制造 IR 照明单元时，这种滤波器放置于白光源前面。CCTV 照明单元

的典型波长是 715nm 和 850nm。

Infrared Spectrum：见 Infrared Light 词条。

Intranet：内部网。它是一个私有网络，完全由专线连接站点组成。

IP Conflict：IP 冲突。当一个网络上的两台主机被指派相同 IP 地址时，就会发生这种情况。这时，两台主机在网络上都是不可见的，除非去除其中一台，或改变其中一台的 IP 地址。

IRE（Institute of Radio Engineers（of Amercia））：（美国）无线电工程师协会，IEEE 之前身。它也是 1Vpp 视频信号的度量单位。它将同步尖峰和峰值白色之间的信号分成 140 个相等的电平。例如，当 140IRE = 1Vpp 信号时，0.3V 同步脉冲电平将为 42IRE。

Interlaced Scanning：隔行扫描。它是指通过以两部分扫描每一帧方法产生电视图像的方法，首先扫描奇数电视线，之后扫描偶数电视线。这样可以降低 CRT 显示单元中的图像闪烁。

Interline Transfer Chip：线间传递芯片。它是一类 CCD 图像芯片，其存储区临近光敏二极管。这项技术去除了与帧传递芯片相关的垂直模糊问题，但就光输入/信号输出而言，芯片是不太敏感的。

Internal Sync：内部同步信号。它是由摄像机内部产生水平和垂直同步脉冲。

IP Rating：IP 级别。它是指一个封装的保护级别指数，例如，IP65。第一个数字表示针对固体进入的防护水平，第二个数字表示针对液体进入的防护水平。

Iris：虹膜。它是摄像机中控制光能输入的机械装置。

ISDN（Integrated Services Digital Network）：综合业务数字网。它是数字信号的一种高速电话传输系统，具备 64kB 和 128kB 的速度。

Kell Factor：Kell 因子。当对电视图像推算水平分辨率时会使用 Kell 因子。

LAN（Local Area Network）：局域网。它用于描述一个确定区域内部（常常是单个站点）的一种数据通信网络。

LCD（Liquid Crystal Display）：液晶显示。它使用液晶的扭曲向列性质，控制光的通过，从而产生一幅视觉图像。

LED（Light Emitting Diode）：发光二极管。一般是砷化镓二极管，当电流通过其 PN 结时就会发光。

Lens：镜头组。在 CCTV 中，这个术语常常指一个组镜头，具备一个虹膜机械装置的镜头阵列。其功能是收集光，并将之聚焦到检取器件上。

Light Meter：曝光表。它是由一个照相检取器件和一个仪表组成的手持测量设备。仪表是经过校准的，用来以 lx 为单位显示光等级。

Line Fed：线馈入。它是指通过同轴视频信号线为摄像机供电。

Line Locked：线锁定信号。它作为同步脉冲，由每台摄像机参考交流主干线

频率所产生。

Luminance（Y）：亮度。它是指一个视频信号的单色或黑白成分。

Lux：勒克斯。光的度量单位，一般写为 lx。

MAC address：MAC 地址。

Matrix Switcher：矩阵切换器。它是用来在一台或多台监视器间切换许多摄像机的设备。

Microwave Transmission：微波传输。对于 CCTV，它是使用微波无线信号的一种视频信号传输方法，范围常常在 3～10GHz。比红外信号传输的频率范围更高。

Modal Distortion：模态失真。它是指信号通过线缆时由光路径的多样性造成的光纤线缆中的信号失真。

Modem：调制解调器。它由其功能产生的术语，即调制器/解调器。它用于具有一个数字输出和一条常规模拟电话线的接口设备。

Monochrome：单色。它是指一个黑白电视信号或系统。

MPEG（Moving Picture Experts Group）：运动图像专家组。它是在 1988 年由 ISO 设置的实体，为音频和视频压缩设计标准。

Multimode：多模。它是一种光纤线缆，当光传输时，光从一侧"弹"到另一侧。这种线缆类型引入模式失真，但它比单模线缆要便宜得多，在单模中光沿线缆沿长度以直线传输。

Multiplexing：复用。它是一种信号传输方法，其中两个信号在相同线缆或载波上传输，使它们能够在接收端分离。这个术语也指能够处理视频信号的设备，使一个以上的图像能够在一个屏幕上显示，或同时录制（见 MUX 词条）。

MUX：视频复用器的缩写。它是指处理视频信号的一种设备单元，使一个以上的图像能够在一个屏幕上显示，或同时录制。

NAT（Network Address Translation）：网络地址转换。当在 Internet 上从一个网络向另一个网络传输数据时，它是允许有效使用 IP 地址的一种方法。一台路由器或代理服务器在一个私有网络上取得数据，并去除本地 IP 地址，在将之在 Internet 上传递之前，以另一个地址替换原 IP 地址。

ND（Neutral Density）Filter：中等密度滤波器。它是一种镜头滤波器，以相同量影响可见光谱中的所有光频率，因此导致进入镜头的光等级总体降低。它用于模拟低光条件，强迫虹膜打开，并给予镜头焦点调节的最优条件。

ND Spot Filter：中等密度点滤波器。它是在一个镜头中心的一种等级滤波器。当虹膜大范围打开时，它将影响降到最小。这种类型滤波器防止孔径在强光条件下变得太小以致不能有效地进行控制。

NetBEUI（Net BIOS Extended User Interface）：NetBIOS 扩展的用户接口。见

NetBIOS 词条。

NetBIOS (Network Basic Input Output System): 网络基本输入/输出系统。它是 IBM PC 到网络的标准接口。虽然设置和管理相对简单，但它不能路由，这使之就数据流量而言是低效率的，且仅适用于较小型的网络。

NIC (Network Interface Card): 网络接口卡，也称之为以太网卡。以太网络上的每台主机要求这些卡中的一块卡连接到网络（虽然像 CCTV 摄像机这样的设备常常不使用一块实际网卡）。NIC 执行如下功能：将数据组织成帧，管理在主机之间这些帧的传递以及错误纠正。

Node: 节点。它是通用术语，用来描述连接到一个网络上的任何设备。

Noise: 噪声。它是指视频信号上的电子干扰，常常表现为图像上的颗粒、斑点等。

NTSC (National Television Standards Committee): 国家电视标准委员会（美国）。它是为北美和日本制定彩色电视系统标准的委员会。

NVR (Network Video Recorder): 电视视频录像机。它是一种数字视频录像机，配有一条以太网连接，允许 IP 摄像机输入和 IP 监视设施。

Octet: 8-位组。它与 IP 相关，一个 8 位组是具有 256 种可能组合的一个 8-位字。IP 版本 4 (IPv4) 地址包括四个 8 位组，每个 8 位之间由点号分隔。

Optical Fibre: 光纤。它是一种透明材料，光可沿其传输。

Oscilloscope: 示波器。它以图形形式显示电子信号，使信号可被测量和分析。

Overscan: 过扫描。当监视器显示过度调节，以致于电子束扫描越过屏幕边缘，导致边缘周围一些图像信息的损失的现象就是过扫描。

PAL (Phase Alternate Line): 逐行倒相制。此制式是模拟彩色电视信号传输中最常见的。通过消除传输过程中信号相位错误的影响，系统维持正确的彩色再生能力。

Patchcord: 接插线。它是指每端都装配一个连接器的一小段弹性光纤线缆，用来重新配置两件设备之间的走线。

PCM (Pulse Code Modulation): 脉码调制。它是一种信号调制方法，其中方波脉冲连续流的宽度与调制信号一致性地发生改变。

Pelco D: 由美国 Pelco 公司为 CCTV 应用而设计的一组遥测控制协议。它允许 CCTV 设备其他制造商使用这些协议，这为业界增加了更加受欢迎的一致性。

Photo Cell: 光单元。它是一种器件，它的电阻由落到其上的光确定。

Photodiode: 光敏二极管。它是一种二极管，其中前向偏压电流不仅取决于施加电压，而且取决于落在 PN 结上的光。

Ping command: Ping 命令。它是在 DOS 中执行的计算机命令，用于确认一

台 IP 可寻址的设备是可与 IT 网络连接、可通信。

Pixel：像素。它是从图像元素产生的术语。一个像素是指图像信息的单个元素——像素数量越大，图像分辨率就越高。

Port：端口。它与 TCP/IP 相关，一个端口是一个地址，它定义了被传输的数据与在数据源和接收 PC 上数据拟传递到的应用之间的关联关系。源端口识别发送数据的应用，而接收端口识别数据拟传递到的应用。每个端口具有一个具体的号码（数字），例如，HTTP 被指派 80 端口。

Primary Colours：基色。它是指光的三种颜色（频率）——红、绿和蓝，可由人眼感知，并由大脑合成，产生可见光谱的所有颜色。

Progressive Scan：逐行扫描。它是指在一些平板显示设备中产生图像的一种显示方法，其中所有 TV 扫描线是同时产生的，而不是使用传统的隔行扫描方法。

PSTN（Public Switched Telephone Network）：公共交换电话网。在英国，它是先由邮局后由英国电信公司提供的最早低带宽电话网络。其目的仅用作话音传输，现在用作数字信号传输，但是，其带宽较低使之对于 CCTV 应用而言几乎没有用途。

Pulse and Bar Generator：脉冲和竖条产生器。它是一种测试设备，可以产生连续的黑、白和灰视频测试信号。

Quad：四路的、四工的，是指一种设备单元的功能。该设备支持四路摄像机信号同时显示在一台监视器上。

RAID（Redundant Arrays of Independent Disks）：独立磁盘冗余阵列。它是指通过将许多硬盘驱动器成组排列形成一个阵列，创建一个大型磁盘容量的方法，整个阵列作为单个驱动器。数据在磁盘间分布的方法提供了在出现一块磁盘驱动故障情况下，对数据的高度保护。

Raster：光栅。它是指在施加视频信息之前，在一台 CRT 中电子束扫描作用产生的空白屏。

Reflectance：反射比。它是一个数字，表示光落在一个表面所反射的比值，以一个百分数表示。

Reflected Light：反射光。它等于面积亮度乘以反射比。

Refraction：折射。它是光束的一种特性，当光通过不同介质时，其速率改变，导致光弯曲。

Reserved IP Address：保留的 IP 地址。它是指在一个 DHCP 范围中设定的一个 IP 地址（由 IT 管理员设定），每次主机连接到网络时，将之指派到相同主机（且仅是那台主机）。

Resolution：分辨率。它与电视图像的清晰度相关，是可分辨的最小细节度

量，最常见单位是 TVL（电视线）。

Router：路由器。它是一种智能网络设备，就复杂性和技术而言，相当于一台 PC。通过寻找最快路径，它可以智能地将数据从一个网络转发到另一个网络，也许要经过许多其他路由器。

Routing Table：路由表。它是指在一台路由器内部构造的网络主机 IP 地址列表。当一台主机试图向另一个网络上的一台主机发送数据时，路由器将使用它的路由表，确定发送数据的最短路径。

RS Port：RS 端口。RS 是指建议的标准。此端口用作数据通信的输入/输出连接器。常见的有 RS232、RS422 和 RS485。

Scan Coils：扫描线圈。它是指缠绕于一台 CRT 颈部的感应线圈。这些线圈上的电流产生电磁场，与电子束相互作用，导致电子束发生垂直和水平偏移。

Scanning：扫描。在一台 CRT 中，为了在整个屏幕区域产生光输出，产生的电子束要快速水平和垂直偏移，即扫描。

SECAM（Sequential Couleur Avec Memoire）：具有记忆的顺序彩色。其英文为 Sequential Colour With Memory，是在法国开发和使用的彩色电视广播系统。这个系统与 PAL 或 NTSC 系统不能直接兼容。

Segment：分段。它是联网中使用的一个术语，用于描述一条数据总线。一个典型的网络将有许多分段，分段之间由路由器或交换机分离开来，每个分段都有许多主机连接到该分段。

Server：服务器。它是一种网络管理设备，为连接到网络的客户 PC 和其他设备提供服务。这样的服务包括 DHCP 和 DNS、邮件服务、web 连接、防火墙、应用软件、打印服务、文件管理等。

Silicon Intensified Target（SIT）：硅增强靶。它是一种摄像机检取设备，开发用于非常低的照明条件之下。

Simplex：单工。当与 CCTV 复用器（MUX）一起使用时，这个术语指这样的一个单元，它能录制或重放图像，但不能同时完成这两项功能（这点不像双工单元）。

Slow Scan：慢扫描系统。它是使用传统 PSTN 电话网络的一种早期视频信号传输系统。它采用模拟传输，并具有非常低的刷新速率。

S/N Ratio（Signal-to-Noise Ratio）：信噪比。它是对一个信号中噪声总量的度量，单位为 dB。对于视频信号，任何小于 40dB 的信噪比都将导致图像中不可接受的噪声（颗粒）总量。

Static IP Address：静态 IP 地址。它是指手动指派给主机的一个 IP 地址，不是通过 DHCP 自动指派的。一旦指派完毕，除非人们做出手动调整，否则这样的 IP 地址将保持不变。

STP Cable（Shielded（screened）Twisted Pair Cable）：STP 线缆（屏蔽双绞线）。它是具有外部屏蔽层的一种双绞线，提供对 RFI/EMI 的额外防护。

Subnet Mask：子网掩码。它是包括于数据报中的数据，用于识别 IP 地址的网络部分和主机部分。划分子网可以使人们能够独立地路由网络，因此通过降低网络流量、降低路由表的尺寸增加了网络的效率，提供了将网络隔离开来的一种简单方法，以及增强了网络安全性。

S-VHS（Super Video Home System）：超级家用视频系统（制式）。基于 VHS 的模拟视频录制制式，它能提供较高的图像分辨率（400TVL，这相对于 VHS 的 240TVL 是高得多的）。S-VHS 录制数据将不能在常规 VHS 机器上回放。

Switch：交换机。它是一种以太网设备，用于在主机通信期间连接主机。初看起来，交换机类似于集线器；但是，交换机可以在主机之间创建一条专用路径。因为这意味着在大多数时间内，一对以上的主机能够同时通信，所以提高了网络性能。

Synchronizing Pulses：同步脉冲。它是指加入到视频信号的脉冲（在摄像机处加入的）。监视器使用这个信号，在摄像机和监视器之间维持正确的扫描相关性。

TCP/IP（Transmission Control Protocol/Internet Protocol）：传输控制协议/互联网协议。两个协议（规则集）一起使用，用于以太网之上的数据传输。

Telemetry：遥测控制。它是用于控制摄像机头处功能的信令系统，这些功能如摆动、倾斜、缩放和清洗。系统可能是模拟的，但现在更常见的是数字系统。该系统利用每个摄像机安装处的解码器（站点驱动器）工作。

Telephoto Lens：遥摄镜头。它是缩放镜头的书面术语。这些镜头焦距较长，这使它们虽具备较高放大能力，但相反却具有狭窄视角（视域）。

Telnet：远程网络服务。它是一项虚拟终端服务，允许用户连接两台网络主机，并取得远程主机的完全控制。所有鼠标和键盘的活动都能直接传递到远程主机，从而可远程地打开和运行应用程序。

Termination：终结。就 CCTV 而言，这个术语频繁地用于描述在同轴线缆每端要求的 75Ω 终结阻抗。现代设备采用自动终结方法，这种方法会检测插槽处是否存在一个 BNC 连接器。但是，许多年来，可在监视器或其他信号处理设备上接近视频输出插槽处发现一个终结开关。

Timebase Corrector（TBC）：时基校正器。在一个系统中，它是用来校准来自所有摄像机的同步脉冲时序的一件设备，由此防止摄像机切换过程中的图像滚动。在多数情形中，TBC 装配于 MUX 内部。

Time-lapse VCR：连续镜头（时间）VCR。它是一种视频录像机（普遍的是 S-VHS），通过操作连续的录制/暂停动作，该设备能够在标准 3h 盒带上录制更

长时间。

Topology：拓扑。它是频繁用于联网中的一个术语，用于描述一个特定网络的走线配置，例如，总线型、星形拓扑。

Transducer：变换器。它是将一种形式能量转换为另一种形式能量的任何设备。例如，CCD 芯片将光能转换为电能，而 CRT 将执行相反转换。

Triplex：三重功能设备。当用于 CCTV 复用器（MUX）时，这个术语指能够同时提供实况监视、录制和重放（注意对于模拟系统，必须存在两台 VCR）功能的一台设备。

Twisted Nematic：扭曲向列型。它是液晶的一种性质，其中分子形成螺旋，导致光极性变化 90°。当在晶体结构上施加一个电压时，螺旋就会断裂，光就能够无影响地通过（也可参见 LCD）。

Twisted Pair：双绞线。它是线缆的一种类型，其中两条导线扭在一起，产生能抵消电干扰信号的平衡效应。能够提供比同轴线缆类型更长的传输距离。在一些情形中，线缆必须要有一个外部屏蔽层。

UDP：用户数据协议。它是一种无连接协议，该协议简单地在网络上将数据报传输到接收主机，在接收主机处报文到达可能是乱序的，且没有任何错误检查或纠正。

Underscan：低扫描。它是监视器上的可切换功能，可使人们看到整幅图像。

Unshielded Twisted Pair（UDP）：非屏蔽双绞线。它是指没有外层屏蔽的双绞线（见双绞线）。

URL（Universal Resource Locator）：通用资源定位符。它用于 HTTP 识别一台网络设备的位置。一个典型的 URL 类似 http：//www. sitename. com。

Vacuum Tube：真空管。它是一种器件，例如 CRT、荧光显示或摄像机检取管。使用热离子电子发射，在加热阴极和阳极之间产生电流。

Varifocal：可变焦点。它是指通过手动可以调节焦距的镜头，在视域上给予一定程度的选择能力。

Vertical Streaking：垂直条纹。它是指在某些条件下一些类型的 CCD 芯片中产生的垂直亮线。

VHS（Video Home System）：家用视频系统（制式）。它是针对家用市场开发的模拟视频录制制式，后来以连续镜头录像机的形式为 CCTV 应用所采用。这是一种低分辨率制式——对于彩色录制是 240TVL，对于单色录制是 300TVL。

Video Launch Amplifier：视频运载放大器。在特别长的线缆中，它是用于校正信号损失的放大器。在较高频率处线缆损失特别突出的情况下，它可调节给出较大的补偿。

Video Line Corrector：视频线校正器。它是用于在长线缆走线中校正不平衡

频率的设备。类似于视频运载放大器的作用，但也许它没有那样高的增益。

Video Motion Detection（VMD）：视频运动检测。它是一种报警检测设置，为寻找变化证据（运动）而分析来自一台摄像机的图像内容。最早是模拟形式的，现代设备采用数字分析技术。

Video Signal：视频信号。见 Composite Video 词条。

Wavelength：波长。它是指电磁波一个周期传播的距离，单位为米。测量是在一个波形中的任意两个相邻点之间进行的，并直接与信号频率相关。

Wavelet（Compression）：小波（压缩法）。它是为了降低恢复每个图像帧需要的数据量（文件尺寸），采用的压缩一个数字化视频信号的方法。它使用称为小波变换的一种数学算法。

White Level：白电平。在一个视频信号中产生峰值白色的电压电平就是白电平。对于一个 CCIR 信号，这是 1V（在黑电平之上 0.7V 处）。

WINS（Windows Internet Naming Service）：因特网命名服务。它是为在没有 DHCP 或 DNS 服务器的较简单网络上工作而设计的一种服务。上述网络通常使用 NetBIOS（可简单设置和管理），但因为它不能被路由，所以仅适用于小型网络，且就带宽而言，它是非常低效率的。

Y/C：用来描述分离亮度（Y）和色度（C）信号的术语。一个 S-VHS 信号连接器使用 Y/C 信号传输，其中 Y 和 C 是沿线缆内部的独立屏蔽芯线传递的。因为这两个信号不能相互干扰，所以可以改进图像质量。

Zoom Lens：缩放镜头。见 Telephoto Lens 词条。

国际视野　科技前沿

国际信息工程先进技术译丛

《闭路电视》（原书第3版）

《移动无线传感器网——原理、应用和发展方向》

《应用电磁学与电磁兼容》

《无线**Mesh**网络架构与协议》

《**UMTS**蜂窝系统的**QoS**与**QoE**管理》

《**P2P**系统及其应用》

《半导体制造与过程控制基础》

《下一代移动系统：**3G/B3G**》

《下一代无线系统与网络》

《深入浅出**UMTS**无线网络建模、
规划与自动优化：理论与实践》

《无线传感器及元器件：网络、设计与应用》

《蜂窝网络高级规划与优化**2G/2.5G/3G/…**向**4G**的演进》

《基于蜂窝系统的**IMS**——融合电信领域的**VoIP**演进》

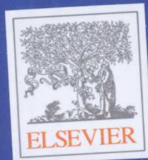
《环境网络：支持下一代无线业务的多域协同网络》

《未来**UMTS**的体系结构与业务平台：全**IP**的**3G CDMA**网络》

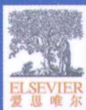
《**UMTS-HSDPA**系统的**TCP**性能》

《无线**Mesh**网络架构与协议》

《宽带无线通信中的空时编码》



上架指导：工业技术／通信技术





● ISBN 978-7-111-28314-0

● 封面设计：马精明

定价：78.00元

地址：北京市百万庄大街22号
电话服务
社服务中心：(010)88361066
销 售 一 部：(010)68326294
销 售 二 部：(010)88379649
读者服务部：(010)68993821

邮政编码：100037
网络服务
门户网：http://www.cmpbook.com
教材网：http://www.cmpedu.com